



INSTITUTT FOR HAVROMSOPERASJONER OG
BYGGTEKNIKK

RAPPORT BACHELOROPPGAVE

Jigg for Stabilisering Under Liming av Filtre

Kandidatnummer:

10014

Sider/vedlegg

32/33 + linker til filer

Veiledere:

Ola Jon Mork

Paul Steffen Kleppe

Mars, 2024

1 Sammendrag Norsk

Bacheloroppgaven min har som mål å utvikle et konsept for en jig til liming av filtre, med formål om å effektivisere prosessen. Rapporten inneholder en grundig gjennomgang av relevant teori innen materialer og produktutvikling, som danner grunnlaget for konseptutviklingen. Ved å kombinere denne teorien med mine egne erfaringer fra studiene, har jeg formulert et konsept som jeg mener vil være funksjonelt. Denne antagelsen kan bekreftes gjennom prototyping og testing.

Under utviklingen av konseptet, har jeg møtt på flere utfordrende problemer som har krevd grundige overveielser og iterative endringer. Rapporten dokumenterer noen av disse spesifikke problemene samt de tilhørende løsningene som har blitt utviklet gjennom prosessen. Videre har jeg tatt beslutninger angående materialvalg og komponenter basert på den teoretiske innsikten som er diskutert i rapporten.

I tillegg til den teoretiske forankringen og konseptutviklingen har jeg gjennomført en rekke praktiske aktiviteter for å konkretisere konseptet mitt. Dette inkluderer utarbeidelse av grundige 2D-tegninger av delene som eventuelt må produseres, og forskjellige sammenstillinger som må sveises.

I tillegg har jeg utført omfattende analyser for å sikre at konseptet er tilstrekkelig dimensjonert for applikasjonen. Dette inkluderer stressanalyser for å vurdere belastningene og styrken til ulike deler av jiggen med en tenkt belastning, som er mye høyere en realistisk belastning. Disse analysene har vært viktige for å identifisere potensielle svake punkter og optimalisere konseptet for pålitelig bruk i praksis.

Videre har jeg utviklet animasjoner for å demonstrere hvordan konseptet fungerer i praksis, og for å tydeliggjøre prosessen for interessenter og brukere. Disse animasjonene har vært nyttige verktøy for å kommunisere konseptet på en engasjerende og forståelig måte.

Samlet sett har 2D-tegninger, analyser, animasjoner og andre praktiske aktiviteter vært avgjørende for å konseptualisere, utvikle og validere konseptet mitt. Disse verktøyene har vært integrerte deler av prosessen og har bidratt til å sikre at konseptet er gjennomtenkt, funksjonelt og egnet for implementering i den virkelige verden.

Dette sammendraget fremhever nøkkelaspektene ved min bacheloroppgave, inkludert den teoretiske bakgrunnen, utfordringene møtt under konseptutviklingen og de praktiske aktivitetene som har blitt utført for å realisere konseptet.

2 Sammendrag Engelsk

My bachelor thesis aims to develop a concept for a jig for gluing filters, with the purpose of streamlining the process. The report contains a thorough review of relevant theory within materials and product development, which forms the basis for concept development. By combining this theory with my own experiences from studies, I have formulated a concept that I believe will be functional. This assumption can be confirmed through prototyping and testing.

During the development of the concept, I have encountered several challenging problems that have required thorough considerations and iterative changes. The report documents some of these specific problems along with the corresponding solutions that have been developed throughout the process. Furthermore, I have made decisions regarding material selection and components based on the theoretical insights discussed in the report.

In addition to the theoretical grounding and concept development, I have carried out a number of practical activities to materialize my concept. This includes the preparation of thorough 2D drawings of the parts that may need to be produced, and various assemblies that need to be welded.

Additionally, I have conducted extensive analyses to ensure that the concept is adequately dimensioned for the application. This includes stress analyses to assess the loads and strengths of various parts of the jig with a hypothetical load, which is much higher than a realistic load. These analyses have been crucial to identify potential weak points and optimize the concept for reliable use in practice.

Furthermore, I have developed animations to demonstrate how the concept works in practice, and to clarify the process for stakeholders and users. These animations have been useful tools for communicating the concept in an engaging and understandable manner.

Overall, 2D drawings, analyses, animations, and other practical activities have been crucial for conceptualizing, developing, and validating my concept. These tools have been integral parts of the process and have contributed to ensuring that the concept is well-thought-out, functional, and suitable for implementation in the real world.

This summary highlights key aspects of my bachelor thesis, including the theoretical background, challenges encountered during concept development, and the practical activities carried out to realize the concept.

Table of Contents

1	Sammendrag Norsk	i
2	Sammendrag Engelsk	ii
	List of Figures	iv
	List of Tables	v
3	Forord	1
4	Innledning	2
4.1	Om bedriften	2
4.2	Problemstilling og mål	2
4.3	Begrensinger	2
5	Teori	3
5.1	Materialer	3
5.1.1	Nylon	3
5.1.2	Teflon	4
5.1.3	UHMW plast	5
5.1.4	Aluminium	6
5.1.5	Stål og rustfritt stål	7
5.2	Produktutvikling, produktdesign og produktmodellering	8
5.2.1	Forstå	8
5.2.2	Definere	8
5.2.3	Skape	8
5.2.4	Prototype	9
5.2.5	Teste	9
5.3	Maskinelementer	9
5.3.1	Lager	9
5.3.2	Tannhjul og tannstag	10
5.3.3	Reimdrift	10
5.3.4	Ledeskru	11
6	Konseptutvikling	12
6.1	Utfordringer	12
6.2	Helkonsept 1	14

6.2.1	2 konsepter for bevegelse på tvers	15
6.2.2	2 konsepter for bevegelse på langs	16
6.3	Helkonsept 2	17
6.3.1	Bevegelse på tvers av samlebandet	18
6.3.2	Konsept bevegelse på langs av samlebandet	19
6.3.3	Konsept bevegelse opp og ned	21
6.3.4	Tidligere versjoner og revideringer	22
7	Beregninger, analyser og animasjoner	25
7.1	Kostnadsoverslag	25
7.2	Beregninger	25
7.3	Analyser	28
7.3.1	På langs av jiggen	28
7.3.2	På tvers av jiggen	30
7.4	Animasjoner	31
8	Diskusjon	32
8.1	Materialvalg	32
8.2	Maskinkomponenter	32
8.3	Videre arbeid	33
9	Konklusjon	34
10	Vedlegg	35
10.1	Kostnadsoverslag	35
10.2	3D-Modell filer	35
10.3	Stressanalyser	35
10.4	Animasjoner Helkonsept 2	35
10.5	Animasjon konsept før motatt oppgave	35
10.6	Animasjoner konsept 1	35
10.7	2D tegninger	35
	Referanser	69

List of Figures

1	Molekylærbindingsillustrasjon PA6 SpecialChem n.d.(a)	3
2	Molekylærbindingsillustrasjon PA6-6 SpecialChem n.d.(a)	3

3	Molekylærbindingsillustrasjon PTFE Wikipedia contributors n.d.	4
4	Molekylærbindingsillustrasjon UHMW plast Springer 2015	5
5	Forholdstall mellom aluminium og stål Jansen n.d.	6
6	Materialers innvirkning i legeringen Jansen n.d.	7
7	Illustrasjon av produktutviklingsfaser Hildre 2022b	8
8	Spenningsanalyse av en såle til en sko SIMULIA n.d.	9
9	Forskjell største og minste filter	13
10	Bilde av helkonsept 1	14
11	Navn på deler jeg bruker i de neste avsnittene	15
12	Konsept 1 av 2 for bevegelse på tvers	15
13	Inspirasjon konsept 1 av 2 (<i>Reservedeler24</i> 2024)	15
14	Konsept 2 av 2 for bevegelse på tvers	16
15	Konsept 2 av 2 for bevegelse på tvers	16
16	Konsept 2 av 2 for bevegelse på tvers	17
17	Helkonsept 2 med bevegelse retninger og navn sentrale deler	18
18	Bevegelse på tvers av samlebånd	19
19	Bevegelse på langs	20
20	Kjørt bevegelse på langs	21
21	Bevegelse opp og ned	22
22	Illustrasjon tidligere konsept	23
23	Gummibåndkonsept	23
24	Utdrag kostnadsoverslag	25
25	Moment/hastighet graf i in-oz og rps	26
26	formel for nødvendig moment konstant hastighet Name 2022	28
27	Displacement og von mises for største filter	29
28	Displacement og von mises stress for minste filter	29
29	Displacement og von mises stress for minste filter	30
30	Displacement og von mises stress for minste filter	30
31	Noen grupperte materialvalg jeg har tatt	32
32	Maskinkomponenter	33

List of Tables

1	Oversikt verdier for å regne ut momentet per drev/motor	26
2	Utregning for maksimal kraft i retningen på langs av jiggen	27

3 Forord

Jeg er en maskiningeniør student som for øyeblikket jobber med å ferdigstille min bacheloroppgave. Bacheloroppgaven er et samarbeid med Manulab på NTNU i Ålesund, som har et samarbeid med Interfil. Det har vært en periode med mye arbeid og tenking for å nå fram til et produkt jeg er fornøyd med. Men nå som produktet er ferdig, er alt arbeidet verdt det. Produktutviklingsprosessen har vært spennende, fordi problemet jeg skulle løse er et velkjent problem uten noen åpenbar løsning. I tillegg til dette har jeg fått sett hvor viktig visualisering er for å se løsninger. Jeg startet prosjektet uten noen gode idéer som har utviklet seg steg for steg, ved å 3D-modellere og visualisere.

For å best forstå denne rapporten anbefales det i tillegg til å lese rapporten, å se alt av vedlegg. Med dette menes 3D-modell, animasjoner, 2D-tegninger og filen "kostnadsoverslag og material". Vedleggene er lagt ved som zip-fil, men er mer oversiktelig ved å bruke lenkene som finnes under vedlegg.

4 Innledning

I denne delen av rapporten skal problemstillingen presenteres, for å gi en tidlig forståelse av hva oppgaven går ut på. En introduksjon til fremgangsmåten som ble brukt vil også komme frem i denne delen av rapporten.

4.1 Om bedriften

Som fremhevet på deres nettside er Interfil en bedrift som er opptatt av å produsere ventilasjonsfilter i topp-kvalitet. Interfil er også en bedrift som streber etter de mest miljøvennlige løsningene i alle ledd av produksjon, i tillegg til at ventilasjonsfiltrene i seg selv er miljøvennlige. De er sertifisert med de strengeste sertifiseringene på både kvalitet og miljø. Disse sertifiseringene inkluderer:

- Eurovent som er en sertifisering som garanterer riktige tekniske verdier
- ISO 9001:2015 som er sertifisering i forhold til HMS
- P-merket som er den strengeste sertifiseringen i forhold til filterkvalitet
- Medlem av grønt punkt som står for korrekt resirkulering, forpakningsbegrensninger og merking av emballasje
- Miljøfyrtårn som har en rekke krav for å sikre mest mulig miljøvennlig produksjon og produkt

Interfil har egne testlaboratorier som de bruker for å teste filter og forske på nye løsninger. For å få testet filtrene eksternt bruker de: RISE research institution of Sweden, Eurofins expert services i Finland og Cetiart i Frankrike. Disse testene er Eurovent godkjent.

4.2 Problemstilling og mål

Interfil produserer ventilasjonsfilter både standard og kundetilpassa størrelser. Problemet som skal løses er i produksjonslinjen til de kundetilpassa filtrene. Sånn som produksjonslinjen er i dag er store deler automatisert, Men det er oppdaget en flaskehals i limingen av filtrene. Denne flaskehalsen er etter at filtrene er limt og limet skal herde. Syklustiden til denne prosessen er i dag 30 sekunder.

For å korte ned denne prosessen ønsker interfil et forslag til design av en jiggen som kan holde filteret mens limet tørker. Denne jiggen må kunne holde filteret på alle 6 sider. jiggen må kunne justeres for å passe den vide variasjonen i størrelser av filtrene. Jiggen må holde filteret tilstrekkelig for å opprettholde formen. Jiggen skal være så automatisert som mulig, helst både med automatisk mating inn i jiggen og ut av jiggen.

4.3 Begrensinger

Med tanke på prototyping på Campuslab, er designet noe begrenset i forhold til fremstilling av komponenter. Når det kommer til kompliserte komponenter, er ofte brukte metoder for fremstilling avhengig av mer avansert utstyr. Som for eksempel ved støping av metall, CNC styrte freser eller dreiebenker, etc. Dette er problemer som kunne vært løst med mer tid og ressurser, og som jeg valgte i dette tilfelle: å basere konseptet på mest mulig standarddeler. Prosjektet er også noe begrenset fordi jeg bare har vært 1 student. Etterhvert i prosjektet bestemte jeg meg for å ikke lage fysisk prototype. men heller fokusere på å lage gode virtuelle modeller og animasjoner. Dette gjør at jeg slipper å vente på deler som må bestilles, i tillegg til at prosjektet blir vesentlig billigere.

5 Teori

5.1 Materialer

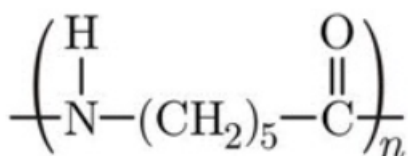
I dette kapitlet vil jeg gi litt informasjon om noen av materialene som er relevante i denne oppgaven.

5.1.1 Nylon

Nylon eller PA6/PA6-6 er en type termoplast og er den mest brukte termoplasten av ingeniører. Dette fordi plasten har veldig gode egenskaper i forhold prisen på materialet. Vanlige bruksområder er for eksempel komponenter i en girkasse til noe som ikke krever styrken man får av å bruke stål eller lignende. Nylon er også mye brukt som filament til 3D-printere.

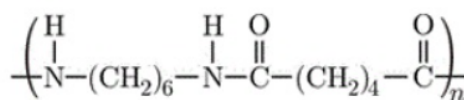
- Høy styrke og stivhet i omgivelser med høy temperatur, hvor PA6-6 ligger litt høyere enn PA6 spesielt ved temperaturer over 180 grader
- God slagstyrke
- Materialet er egnet for Maskinering og andre bearbeidingsmetoder så lenge man tørker materialet før bearbeiding, her er PA6 noe bedre enn PA6-6
- Billig material PA6 er litt billigere enn PA6-6
- God slitestyrke, PA6-6 Noe bedre enn PA6
- vannopptaket er en begrensning for materialet. PA6-6 tar opp litt mindre væske men er mer utsatt for å bli myk eller flytende i fuktige omgivelser
- Nylon er en god isolator for elektrisitet og er motstandsdyktig mot olje og drivstoff (Special-Chem n.d.[a])

Nylon variantene PA6-6 og PA6 er veldig like, men PA6 er litt billigere og enklere å bearbeide enn PA6-6. Mens PA6-6 er noe sterkere på de fleste punkter.



Molecular Structures of Polyamide 6

Figure 1: Molekylærbindingsillustrasjon PA6 SpecialChem n.d.(a)



Molecular Structures of Polyamide 66

Figure 2: Molekylærbindingsillustrasjon PA6-6 SpecialChem n.d.(a)

5.1.2 Teflon

Buksområdet til teflon som er relevant i denne oppgaven er i form av et tynt belegg som festes til et annet materiale, som for eksempel aluminium for å lage glidelager. I forhold til dette bruksområdet har teflon eller PTFE mange gode egenskaper. Strukturen til teflon er veldig lik strukturen til Polyethelene(PE) som UHMW er en versjon av. Eneste forskjellen er at PE har karbonatomer og hydrogenatomer, mens PTFE har karbonatomer og fluoratomer. Nøkkelegenskapene til teflon er:

- Tåler kjemikalier godt
- Lav friksjonskoeffisient
- Fleksibelt materiale
- God slitestyrke ved lave belastninger
- Tåler godt både høye og lave temperaturer
- Er en god isolator og er lite absorberende
- Kan brukes til matproduksjon og til medisinsk utstyr

(SpecialChem n.d.[b])

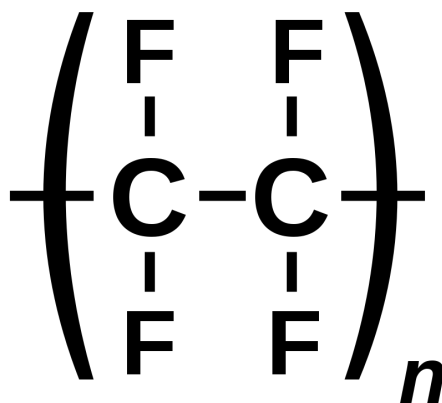


Figure 3: Molekylærbindingsillustrasjon PTFE Wikipedia contributors n.d.

5.1.3 UHMW plast

UHMW er en forkortelse for "Ultra-high-molecular-weight polyethylene" og er navnet på en plasttype som er mye brukt i glidende lager. UHMW er en underkategori av termoplastiske polyetylen, og er også den sterkeste termoplasten når det kommer til slagstyrke. Dette er på grunn av strukturen innad i materialet og den høye molekylære massen til materialet. Disse egenskapene finnes i visse andre materialer også. Det som gjør UHMW spesielt er at det har mange andre gode egenskaper i tillegg:

- Materialet er luktfritt, smakløst og ikke giftig.
- UHMW tåler godt konsentrerte syrer og alkaliske stoffer, i tillegg til flere organiske løsemidler.
- Motstandsdyktig mot de fleste korrosive midler og absorberer minimalt med væske.
- Materialet har en ekstremt lav friksjonskoeffisient og krever ikke smøring. Friksjonskoeffisienten er lavere enn både nylon og teflon.
- UHMW har svært lang levetid og slitestyrke, i noen tilfeller opptil 15 ganger mer slitesterkt enn vanlig karbonstål.

(Wikipedia contributors 2022)

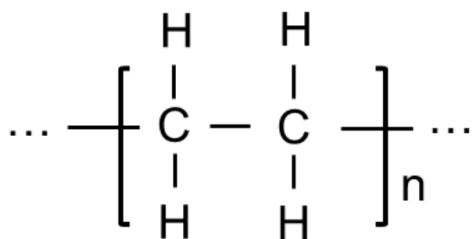


Figure 4: Molekylærbindingsillustrasjon UHMW plast Springer 2015

5.1.4 Aluminium

Aluminium er et material som er veldig mye brukt. Dette er fordi materialet har veldig gode egenskaper og pris. Aluminium er et grunnstoff med atomnummer 13 og det finnes mye av det i for eksempel steinen glimmer og i leire, ca 8% av vekten til jordskorpen er aluminium (Alumeco n.d.). Aluminiumen som blir brukt er ikke ren aluminium, men legeringer som det finnes veldig mange av. Tilsetningstoffene som brukes er for det meste Kobber, silisium, magnesium og sink. Kobberlegeringen har høy styrke men er ikke korrosjonsbestandig, mens silisium og magnesiumslegeringer har høy formbarhet og kan brukes under vann(Alumeco n.d.). Aluminium er brukt i blant annet: Standardprofiler for å sette sammen til noe, rammen til et bord, brusbokser eller annen emballasje, lederen i kabler, biler etc. Nøkkelegenskapene til aluminium er:

- Høy ledeevne som gjør at det egner seg til bruk for overføring av elektrisitet, men også varme
- Lav vekt, ca 1/3 av vekten til stål
- Aluminium har høy mekanisk styrke i forhold til vekt som gjør at det er perfekt til for eksempel biler som trenger styrke, samtidig som vektreduksjon er viktig
- Høy formbarhet, aluminium er lett å bearbeide å forme ved hjelp av metoder som: dreining, fresing, sveising, bøyning etc.
- Aluminium er også et miljøvennlig valg da det er 100% resirkulerbart.
- Prisen på aluminium er noe lavere enn stål som gjør det til et godt alternativ viss kravet til styrke ikke er veldig høyt. (Alumeco n.d.)

Fysikalske egenskaper	Forhold Al : stål
Vekt (tettthet)	1 : 3
Smeltetemperatur	1 : 2
Srneltetemperatur oksid	1,3 : 1
Elektrisk ledningsevne	4,5 : 1
Varmeledningsevne	4 : 1
Varmekapasitet	2 : 1
Smeltevarme	3 : 1
Utvidelseskoeffisient	2 : 1
Elastisitetsmodul	1 : 3

Noen forholdstall mellom aluminium og stål.

Figure 5: Forholdstall mellom aluminium og stål Jansen n.d.

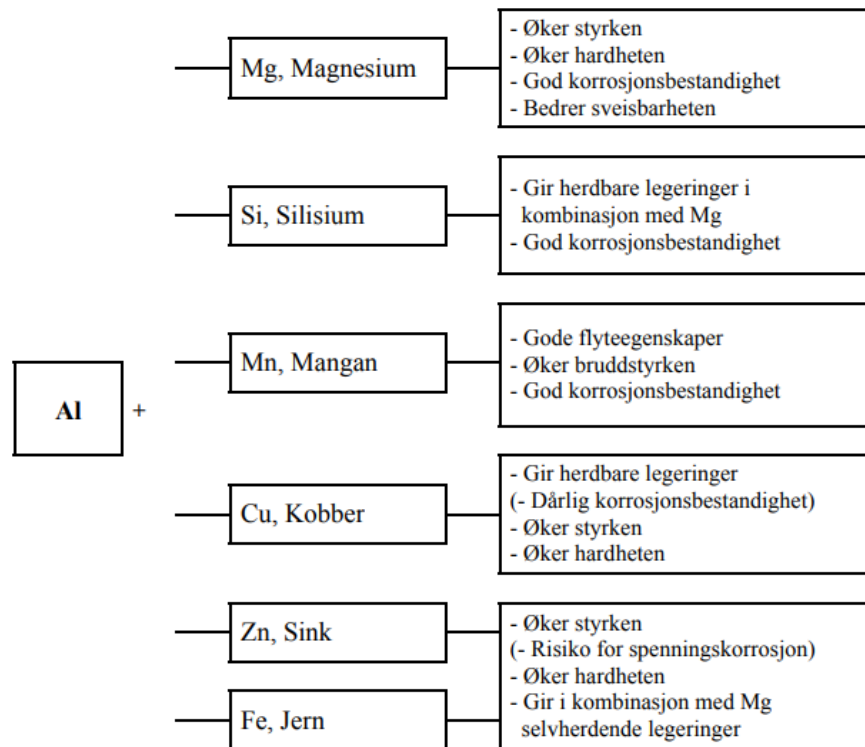


Figure 6: Materialers innvirkning i legeringen Jansen n.d.

5.1.5 Stål og rustfritt stål

Stål er vel kanskje det mest kjente materialet, sammen med treverk og plast. Stål er en sammensetting som består av jern som kommer fra jernmalm, og karbon. Som aluminium er det her også store variasjoner i legeringer, men i dette tilfellet er det mengden karbon som har størst innvirkning på materialets egenskaper. Ulegert Stål har opp til 2.1% karbon, går det over dette kalles det støpejern. For å få stål med høy hardhet og styrke er det ønskelig med et stort innhold av karbon, men da forsvinner en del av duktiliteten og bruddseigheten til materialet. Høyt karboninnhold gjør derfor at det er vanskelig å bearbeide. (Store norske leksikon n.d.[b])

Fordi man ofte ønsker hardhet i stål som skal maskineres tilsettes ofte mangan i materialet for å øke herdbarheten til stålet. Herding er når man tar et blødt stål, altså lavt karboninnhold og varmer det opp til 770-850 grader, for så å kjøle det raskt ned igjen i olje eller vann. Dette gjør materialet hardere men også sprødt. For å øke duktiliteten i materialet må det anløpes. I denne prosessen varmes stålet opp til 250-650 grader alt ettersom hvor hardt material man ønsker. (Store norske leksikon n.d.[a])

Grunnen til at dette skjer med materialet er at når stålet varmes opp, blir kornstrukturen i materialet endret. Stålet blir da austenitt, noe som fører til at karbonatomene fordeles mellom jernatomene. Denne kornstrukturen kalles kubisk flatesentrert struktur. Når stålet deretter blir bråkjølt, blir det til martensitt, som har en tetragonal flatesentrert struktur. Her blir jernatomene presset bort fra hverandre av karbonet. På grunn av dette presset oppstår det spenninger i materialet som forhindrer dislokasjoner, og man får et hardt og sprøtt stål. Når materialet anløpes, blir sementitt utfelt i martensitten, og materialet blir mer duktilt på grunn av at noen av spenningene i strukturen avtar. (Store norske leksikon n.d.[a])

Selv om karbon er det som har størst innvirkning på materialets egenskaper, blir også andre stoff tilsatt. Disse stoffene er blant annet: vanadium, aluminium, magnesium, nikkel, titan molybden etc. Når disse stoffene blir tilsatt er det for å oppnå spesifikke egenskaper som for eksempel ved rustfritt stål og det blir da kalt et legert stål. (Store norske leksikon n.d.[b])

Rustfritt stål er en type stål som er kritisk, den store svakheten til stål som material er korrosjon. Selv om det heter rustfritt stål er det ikke 100% rustfritt. Men så nært som vi kommer. Vann og salt i omgivelsene hvor stålet skal brukes har mye innvirkning på korrosjonen. Rustfritt stål er legering av stål hvor man tilsetter en ganske stor andel krom. Dette gjør at det dannes et belegg av kromoksid på stålet som hindrer korrosjon. Stål som er har over 12% krom er per definisjon rustfri. Rustfritt stål kommer i flere grader, hvor de mest rustbestandige inneholder så mye som 20% krom. I tillegg legeres de også med nikkel, molybden etc. I Norge har vi 2 typer legeringer som er vanligere enn andre, A2 rustfri og A4 syrefast. A2 rustfri har 18% krom, 8-10% nikkel og 2 prosent mangan. A4 har 17-19% krom, 8-13% nikkel, 2-2.5% molybden og 2% mangan. (Nasjonal digital læringsarena (NDLA) n.d.)

5.2 Produktutvikling, produktdesign og produktmodellering

Produktutviklingsprosessen har 5 faser. Disse fasene er: "forstå", "definere", "skape", "prototype" og "teste". Når man utvikler et produkt går man ikke nødvendigvis i den rekkefølgen, man går som regel litt frem å tilbake mellom disse fasene. dette er fordi man for eksempel kan få et behov for forståelse man ikke har sett i starten av prosjektet. Man må da gå tilbake for å forstå. De 2 første fasene blir til sammen sett på som problemrommet mens de 3 siste fasene er løsningsrommet. (Hildre 2019b)(Hildre 2022b)

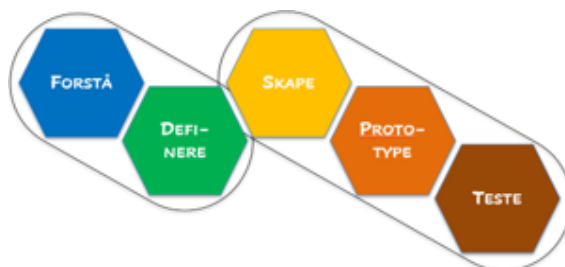


Figure 7: Illustrasjon av produktutviklingsfaser Hildre 2022b

5.2.1 Forstå

I denne fasen er målet å skaffe så mye forståelse som mulig om problemstillingen. For å få forståelse er det forskjellige metoder man kan bruke, blant annet : brukerprofil for å forstå kunden, å teste tidligere produkt, observere, intervju, Storyboard. Hvilke av disse man skal benytte seg av kommer helt an på problemet. For eksempel viss du skal forbedre et produkt som har et problem, vil det være hensiktsmessig å teste produktet selv for å oppleve problemet. Eller viss man skal lage ett nytt produkt vil en markedsundersøkelse være god hjelp. (Hildre 2019b)(Hildre 2022b)

5.2.2 Definere

Når man kommer fase "å definere", er målet å samle all informasjon man har hentet inn. Denne informasjon skal nå brukes til å sette sammen en bærende idé. I denne fasen er det viktig å holde fokuset på kundens ønsker og behov. Hvilke egenskaper man ønsker å oppnå skal defineres, med en rangering basert på hvor viktig det er å oppnå en egenskap. Dette skaper fokuset til den bærende idéen for videre utvikling. Når den bærende idéen er satt, skal teamet og kunden briefes.(Hildre 2019b) (Hildre 2022a)

5.2.3 Skape

Dette er den første fasen i løsningsrommet. Her skal man begynne å skape løsningsidéer, basert på den bærende idéen. I denne handler det om å være kreativ og å tenke utenfor boksen. Her

finnes ulike metoder for å generere idé, og for å tenke mer fritt. Noen av disse er: Brainstorming, mindmapping, Worst possible idea, scamper etc. Man havner lett i et ganske konservativt tankemønster, hvor idéene man kommer med er basert på begrensninger og lignende løsninger som finnes. Da hjelper spesielt "Brainstorming" og "worst possible idea" å utvide løsningsrommet, mens de andre 2 metodene skal begrense og utelukke idéer. Idéene man har i denne fasen er viktig å få ned på papir når de kommer, for eksempel i form av skisser. (Hildre 2022d) (Hildre 2019b)

5.2.4 Prototype

I denne fasen skal idéen utvikles og visualiseres. Det finnes mange metoder for å modellere idéen. man kan blant annet: 3-d modellere i verktøy som Autodesk Inventor, Siemens NX, Solidworks etc. Man kan lage modeller av papp, forme leire til modeller, forme skum, 3d-printe, lage modeller av treverk eller stål. Hvilke metode man velger å bruke for å lage prototype kommer helt an på hva prototypen skal brukes til. Skal prototypen testes dynamisk, eller er det designet man vil se, eller er det styrken som skal testes. (Hildre 2019a) (Hildre 2022c)

5.2.5 Teste

Den siste fasen i produktutviklingen er testing. Her skal prototypen eller prototypene testes i forhold til kravspesifikasjonene til den bærende idéen. Disse testene kan være simuleringer enten fysisk eller ved hjelp av dataassisterte verktøy. Det kan være spesifikke styrke hvor det er oppgitt et spesifikt krav til styrke og man tester prototypen opp i mot det spesifikke kravet. Data fra testene som blir gjort gjør at man eventuelt får forståelse for et nytt eller eksisterende problem som ikke er løst. Man kan med denne forståelsen gå tilbake til tidligere faser å gjøre endringer til man har et produkt som oppfyller kravene. (Hildre 2022c)

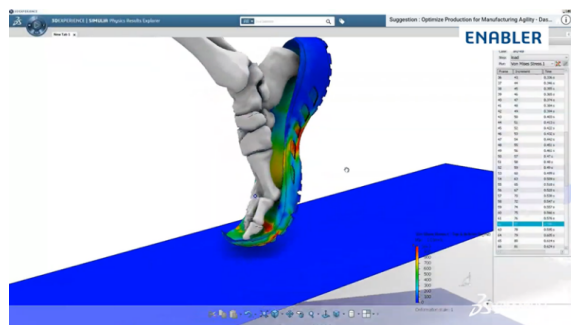


Figure 8: Spenningsanalyse av en såle til en sko SIMULIA n.d.

5.3 Maskinelementer

I dette kapitlet skal jeg gå gjennom litt teori om de forskjellige maskinelementene som er relevante i denne oppgaven.

5.3.1 Lager

Lager finnes i de fleste systemer med en eller annen form for kraftoverføring. Oppgaven til et lager er å absorbere enten radielle krefter, aksielle krefter eller begge deler. I tillegg sørger lager for at bevegelser er stabile, effektive og bare i den retningen man ønsker. Bevegelsen kan være både lineær eller rotasjon, alt ettersom hva man har behov for. For lineære bevegelser er det vanligst å bruke et enkelt lager hvor 2 flater av glidende material glir på hverandre, vanligste materiale å bruke til dette er nylon mot aluminium eller stål. (Wikipedia Contributors n.d.[a])

For rotasjonsbevegelse er det flere forskjellige typer man kan bruke som: Kulelager, koniske kulelager, sfæriske lager, nålelager etc. Hvilke av disse man skal velge kommer an på parametre som: dimensjoner på aksling og nav, hvor mye krefter det er på akslingen eller navet, hvilke smøreforhold man ønsker, hvilke hastigheter man trenger etc. de fleste lager trenger smøring for å fungere, og for å forlenge levetiden. Lagertyper som er lukket har ikke behov for vedlikeholdssmøring, men de har fortsatt smøring.(Wikipedia Contributors n.d.[a])

5.3.2 Tannhjul og tannstag

Tannstag og tannhjul er to viktige komponenter i mange maskinsystemer og mekanismer, spesielt de som involverer overføring av kraft og bevegelse gjennom rotasjon.

Tannstag, også kjent som tannstenger, er en lineær komponent som har en serie med tenner langs lengden. Disse tennene er designet for å gripe inn i tannhjul og overføre bevegelse og kraft fra roterende bevegelse til lineær bevegelse, eller omvendt. Tannstag brukes ofte i applikasjoner der presis lineær bevegelse er nødvendig, for eksempel i CNC-maskiner, 3D-printere og automatisk styrte systemer.(Wikipedia Contributors n.d.[b])

Tannhjul er roterende komponenter med tenner som griper inn i et tannstag eller andre tannhjul for å overføre kraft og bevegelse. De brukes vanligvis i par, med minst to tannhjul som jobber sammen for å overføre kraft og endre rotasjonshastighet eller retning. Tannhjul kommer i forskjellige størrelser og konfigurasjoner, avhengig av applikasjonen og de spesifikke kravene til systemet. De kan være konstruert for å øke eller redusere rotasjonshastigheten, endre rotasjonsretning, eller å overføre kraft mellom ikke-parallele aksler ved hjelp av skråtenner.(Wikipedia Contributors n.d.[b])

Sammen utgjør tannstag og tannhjul et viktig element i maskiner og mekanismer som krever nøyaktig kraftoverføring og kontrollert bevegelse.

5.3.3 Reimdrift

Reimer:

Reimer brukes i et bredt spekter av maskiner og mekanismer for å overføre rotasjonskraft fra en kilde, for eksempel en motor, til en annen del av systemet. De er laget av materialer som gummi eller syntetiske polymerer og kan ha mange forskjellige profiler. Noen vanlige profiler er tannet, rund eller flat profil. Reimer er fleksible og kan bøyes rundt trinser for å overføre kraft over avstander.

Trinser:

Trinser, også kjent som remskiver, er hjulformet mekanismer som roterer rundt en aksel. Trinser kan ha forskjellige tverrsnitt for å passe til beltet eller motsatt. Disse tverrsnittene kan være med tenner, langsgående spor, hele tverrsnittet kan være formet som en v etc. og når trinsen roterer, beveger reimen seg med den. Trinser kan være laget av materialer som metall eller plast, avhengig av hva de skal brukes til.

I mange maskiner og mekanismer brukes reimer og trinser sammen for å overføre kraft og bevegelse mellom forskjellige deler av systemet. Dette kan inkludere applikasjoner som transportbånd, verktøymaskiner, kjøretøy og selvfølgelig 3D-printere.

Samlet sett spiller reimer og trinser en viktig rolle i mekaniske systemer ved å muliggjøre pålitelig og effektiv overføring av kraft og bevegelse over avstander. De finnes i en rekke former, størrelser og materialer for å passe til ulike behov og applikasjoner.

5.3.4 Ledeskru

Acme-gjengesystemet er en type skrue- og muttermekanisme som brukes til å konvertere roterende bevegelse til lineær bevegelse, eller omvendt. Denne mekanismen er mye brukt i industrielle applikasjoner der presis lineær bevegelse er nødvendig, for eksempel i CNC-maskiner, 3D-printere, roboter, og ulike typer maskinverktøy.

Acme-gjenger er designet med en trapesformet profil, som gir en større kontaktflate mellom skrue og mutter sammenlignet med vanlige gjenger. Dette resulterer i høyere effektivitet og belastningsskapasitet, samt lavere friksjon og slitasje over tid.

En av fordelene med Acme-gjengesystemet er evnen til å opprettholde nøyaktig posisjonering, selv under tunge belastninger. Denne egenskapen gjør de ideelle for bruk der pålitelig og presis lineær bevegelse er trengs. En annen positiv egenskap er at man kan bestemme et forhold mellom rotasjonen motoren som driver ledeskruen har og forflytning lineært.

I tillegg til den tradisjonelle Acme-gjengen, finnes det også variasjoner som trapezoidale gjenger og stub-akselgjenger, som tilbyr ulike egenskaper og fordeler avhengig av hvilken måte de skal brukes på. Disse gjengesystemene kan være laget av ulike materialer, inkludert stål, messing eller plast, avhengig av krav til styrke, slitestyrke, dimensjoner etc..

6 Konseptutvikling

Jeg har jobbet alene med dette prosjektet, noe som har gitt meg friheten til å utforske utviklingen på mine egne premisser. Samtidig har jeg måttet klare meg uten fordelene man får fra et team, som for eksempel muligheten til å brainstorme eller få nye perspektiver på problemene. Jeg har tilpasset utviklingsprosessen deretter. I de neste avsnittene har jeg forsøkt å forklare de forskjellige løsningene jeg har laget, Men konseptene er mye enklere å forstå ved å åpne 3D-modell filen 10.2 eller å se animasjonsvideoene10.4

Visualisering har vært en nøkkelkomponent i prosessen. Helt fra starten av prosjektet har jeg jobbet med 3D-modeller for å få et visuelt bilde av konseptet mitt. Dette har gjort det mulig for meg å identifisere potensielle problemer og gjøre endringer underveis.

For å lage den første 3D-modellen begynte jeg med å utforme en base, der jeg inkluderte både det største og det minste av filterene som jiggen skulle brukes til. Deretter har jeg systematisk utforsket bevegelsesmuligheter, med fokus på en retning om gangen. Dette har resultert i flere konsepter for enkeltbevegelser. Selv om noen av disse konseptene ble forkastet tidlig i prosessen, har de blitt modellert for å kunne visualisere og få nye idéer til løsninger. På denne måten har jeg utviklet et helhetlig konsept for jiggen med mange alternative bevegelseskonsepter.

Etter hvert som utviklingen fortsatte, innså jeg at det opprinnelige helkonseptet ville være ineffektivt i bruk og kreve mange spesiallagde komponenter. Derfor begynte jeg på et nytt helkonsept, basert mer på automatisering og bruk av standarddeler. Dette Konseptet ble utviklet ved hjelp av samme metode som det første.

I tillegg til disse 2 konseptene, begynte jeg tidlig i prosessen med et konsept. Da hadde jeg fortsatt ikke fått noe info om størrelsen på filter etc. Derfor har jeg valgt å ikke ta med noe i rapporten om dette konseptet, men i vedleggene finnes en videofil av en animasjon fra det konseptet.10.5

6.1 utfordringer

Denne oppgaven har mange problemer som måtte løses, hvor hovedproblemet er et relativt vanlig problem som ikke nødvendigvis har noen innlysende løsning. Hovedproblemet er at man må holde filteret på alle 6 sider, noe som gjør at bevegelsesretningene krysser hverandre. Dette hadde ikke vært noe stort problem viss det bare hadde vært 1 størrelse av filteret. Det hadde heller ikke vært veldig vanskelig å løse viss størrelsene ikke hadde hatt så vidt gap. Dette er fordi for eksempel viss du har en plate som skal holde ene siden, kan denne ha ett skinne eller skyvesystem som gjør at du nesten kan utvide den til dobbel størrelse. Når det kreves at størrelsen på den platen må kunne utvides mer enn dobbelt, må man bruke teleskopkonsept eller godta å ikke dekke hele siden av filteret. Grunnen til at denne platen må utvides eller komprimeres er at platen som holder sidene normalt på denne platen må kunne gå inn til filteret ved forskjellige størrelser.

En annen utfordringer har vært at størrelsen til det minste filteret er såpass lite at de fleste komponenter som finnes er for store. Det minste filteret har en høyde på 23mm, og filteret må fortasatt holdes på topp og bunn. Mens en liten stepper motor har en høyde på 43mm. Dette gjør at komponentene som brukes for bevegelse må plasseres sånn at de ikke kommer i veien for det man bruker for å holde topp og bunn.

sett bort ifra småproblemer som har dukket opp etterhvert, er det siste problemet mengden på komponenter. Det er mange bevegelser som skal gjøres på kort tid, med høy presisjon. Dette gjør at det blir mange komponenter som alle både må mekanisk virke sammen og med tanke på automasjon.

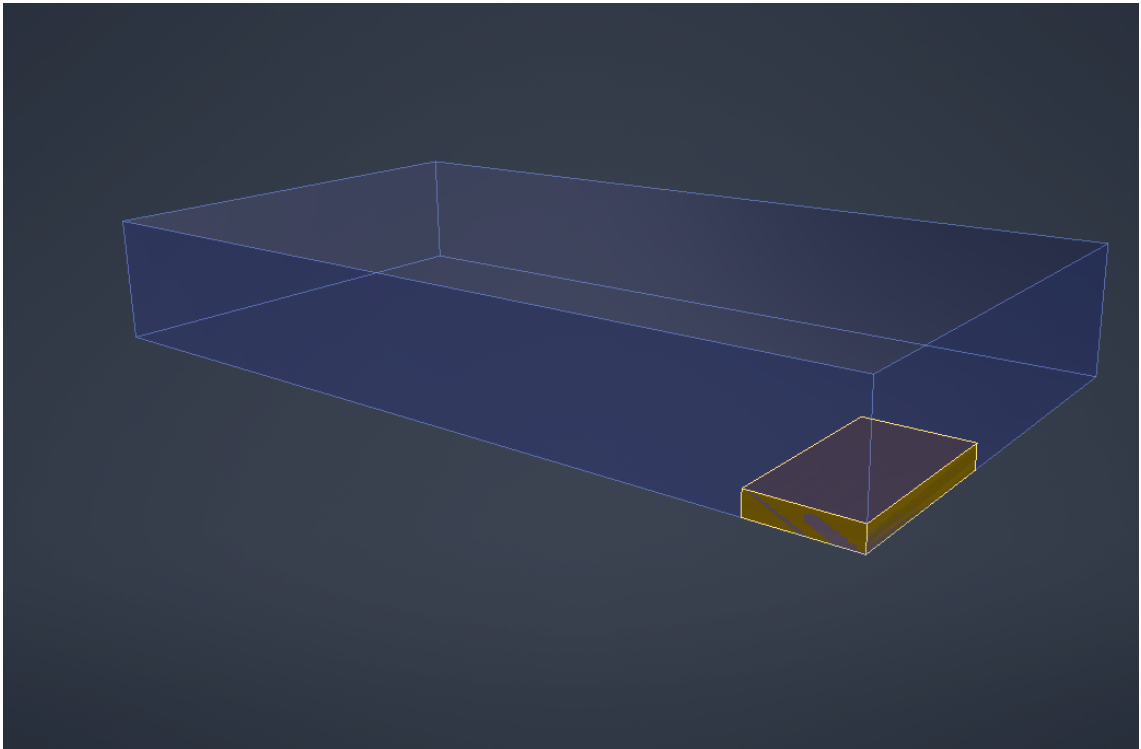


Figure 9: Forskjell største og minste filter

6.2 Helkonsept 1

Det første konseptet jeg jobbet med, tok ikke hensyn til alle størrelser av filter. Ved å bare tenke på mest produserte filterene, fikk jeg et vesentlig mindre gap i størrelser. Som gjorde at jeg kunne bruke relativt enkle bevegelsekonsepter. En ting som er en fordel med dette er at det ikke er mange komponenter som gjør både produksjon og drift billigere. I tillegg til dette sørger konseptet for stor dekning av de flatene som skal holdes under liming på filteret.

I dette konseptet er det bare motorer, drev og skruer som er standardkomponenter. Dette gjør at fremstilling er en mye mer omfattende prosess da man må få noen til å produsere de forskjellige delene. en annen negativ side med dette konseptet er at filterene må manuelt mates inn og ut. Det ville hatt negativ effekt på hele prosessens effektivitet. En ting som er en fordel med dette er at det ikke er mange komponenter som gjør både produksjon og drift billigere. Dette var problemer jeg hadde tenkt å løse, men etter litt tenking kom jeg frem til at et nytt helkonsept kunne gi bedre resultat

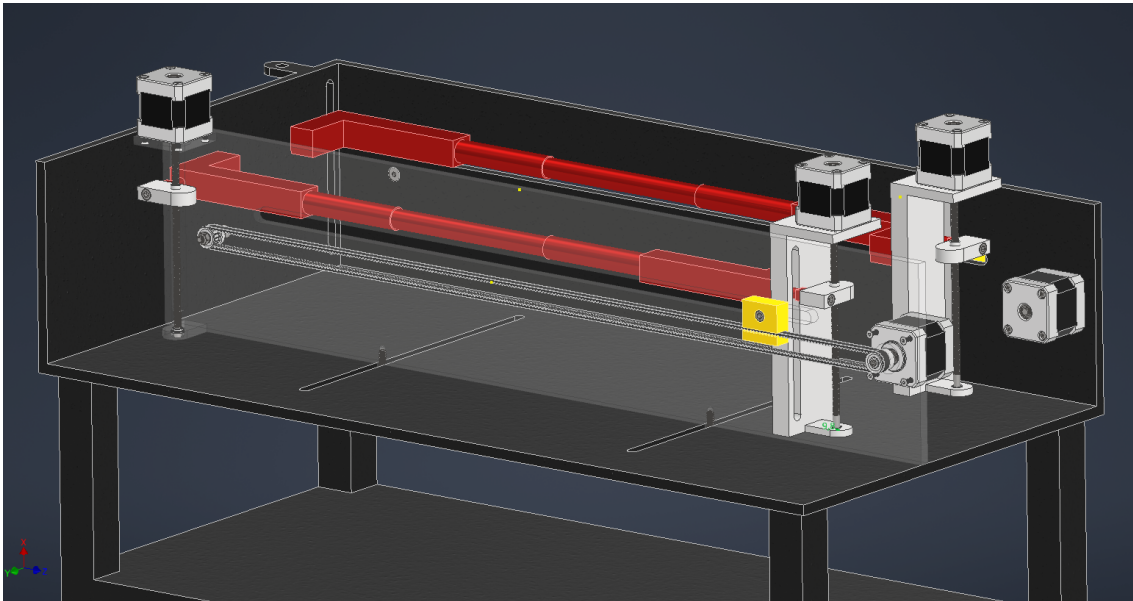


Figure 10: Bilde av helkonsept 1

Her blir de røde delene på bildet som skal holde på toppen av filteret, kjørt opp og ned ved hjelp acme-ledeskruer på utsiden av jiggen. Inne i de teleskopiske røde delene er tanken at det skal være fjærer, som sørger for at de trekkes tilbake skikkelig. De hvite platene skal sørge for å holde filteret i langsgående retning, og er kjørt trinse, drev og belte. Den siste bevegelsen som er på tvers av filteret er kjørt av stag og motor under jiggen, som er avbildet i figur 14. i avsnittene under tar jeg for meg de 2 endringene som ble gjort under utvikling av konsept 1, sett bort fra mange små endringer som bare ble gjort etterhvert.

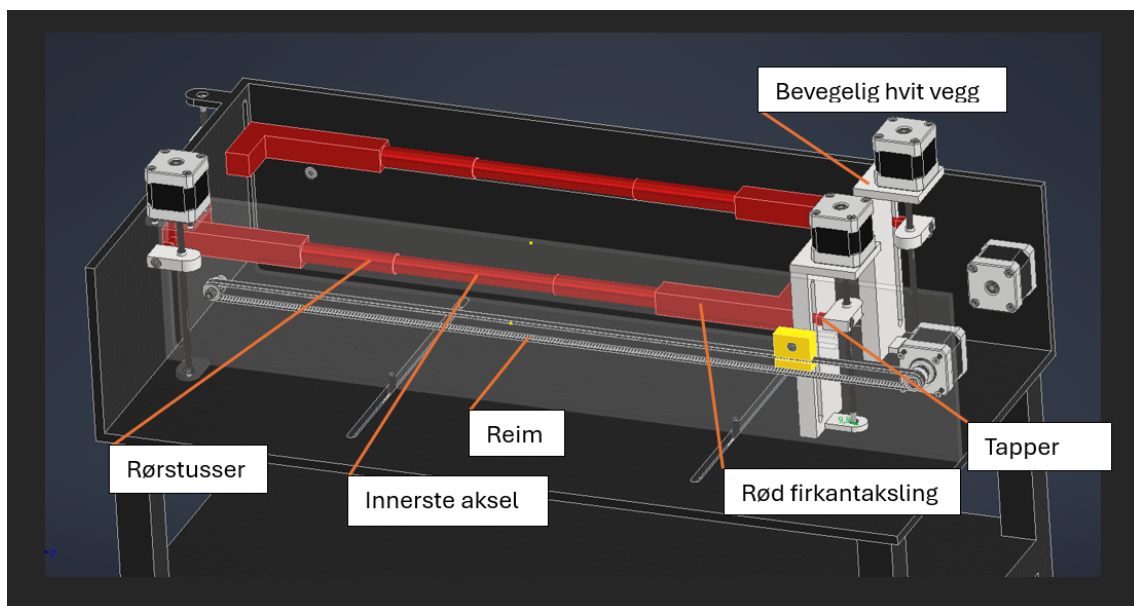


Figure 11: Navn på deler jeg bruker i de neste avsnittene

6.2.1 2 konsepter for bevegelse på tvers

Konsept 1: Når jeg utviklet dette konseptet tok jeg utgangspunkt i bevegelsen til en saksejekk 13. Dette konseptet ville gi tilstrekkelig med bevegelse for å holde filterene. Problemet er at for å få til å legge filter inn i jiggen, trenger man lengre gange. Dette i tillegg til at jeg ikke fann noe god plassering til en motor som kan kjøre dette, gjorde at jeg valgte å utvikle et nytt konsept.

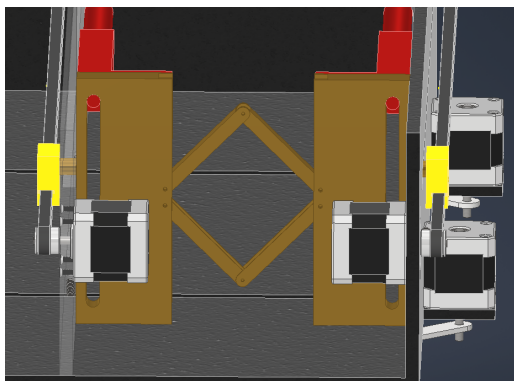


Figure 12: Konsept 1 av 2 for bevegelse på tvers



Figure 13: Inspirasjon konsept 1 av 2 (*Reservedeler24* 2024)

Konsept 2: Det nye konseptet for bevegelse på tvers, er et enkelt konsept. Det er bare 2 spor i basen, 2 ledda stag for å overføre motorenes roterende bevegelse til lineær bevegelse på platen, 2 motorer og festebraketter. Med dette konseptet får man bevegelse som er mye større enn det som trengs. Dette gjør at det blir lettere å legge filter inn og ta de ut.

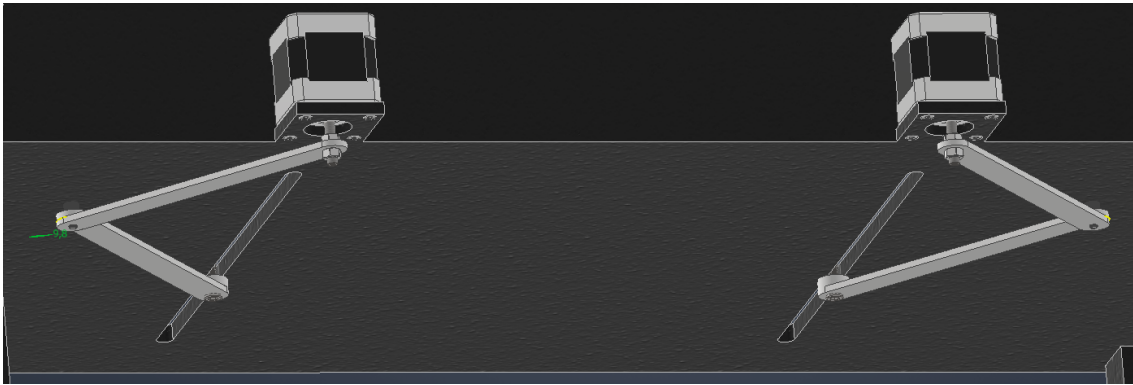


Figure 14: Konsept 2 av 2 for bevegelse på tvers

6.2.2 2 konsepter for bevegelse på langs

Konsept 1:

I det første konseptet for bevegelse på langs, er metoden mer kompleks. langsgående bevegelse er drevet av en reim på hver utside av jiggen. I tillegg til dette er de røde delene som skal holde filteret nedover, teleskopiske med fjærer på innsiden. Fjærene på innsiden er nødvendige for at teleskopfunksjonen ikke skal kile seg. Teleskopfunksjonen er egentlig bare en rund aksling som den innerste delen, 1 rørbit utenpå akselen på hver ende og firkantakslingene utenpå der igjen som man kan se på figur 15 . I tillegg må rørbitene ha en slags stopper for at de ikke skal gå ut av hverandre, denne endringen ble ikke gjort på grunn av nytt helkonsept.

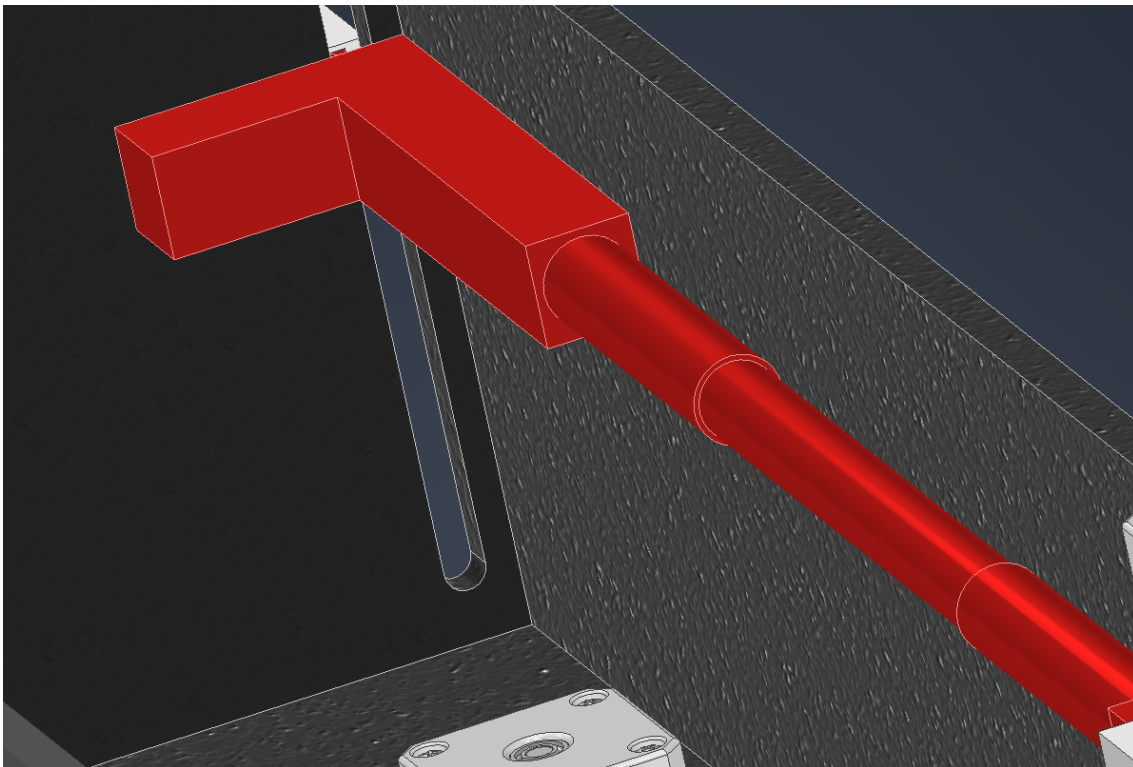


Figure 15: Konsept 2 av 2 for bevegelse på tvers

For denne bevegelsen var det også et problem at jiggen burde kunne åpnes mer for å enkelt kunne legge inn og ta ut filter. For å oppnå mer bevegelse har jeg sett på om man bare kan fjerne teleskopdelen. Et problem med det er at de røde delene blir kjørt av tapper som er festet til en

mutter på utsiden av jiggen som går på en ledeskru. På de 2 av disse som er festet på en bevegelig plate, får man bare ha 1 sånn tapp. Noe jeg tror vil gjøre de ustabile.

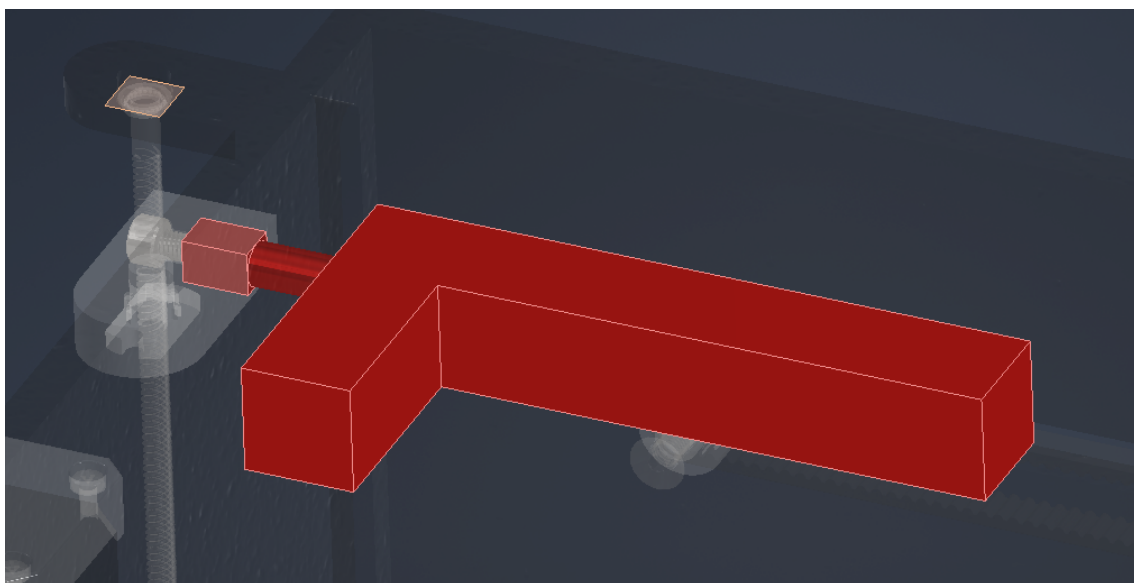


Figure 16: Konsept 2 av 2 for bevegelse på tvers

6.3 Helkonsept 2

I det nyeste konseptet har jeg hatt fokus på mest mulig standarddeler, i tillegg til mest mulig automatisering. Derfor har jeg valgt et konsept der et samlebånd er basen til jiggen. Dette konseptet er det jeg har valgt å gå videre med å har derfor jobbet mest med. Fordelene med dette konseptet er at det kan bli 100% automatisert, de fleste delene er standarddeler og det passer til alle variasjoner filter som blir laget i dag. Basen til konseptet er et samlebånd som kan kjøpes ferdig, eller bygges selv. Konseptet består av 2 rammer som holder sidene til filteret, innad i disse rammene er forskjellige løsninger som jeg kommer tilbake til i de neste delkapitlene. Rammene blir tredd over filteret for så å beveges i inn mot midten. Rammene beveges opp og ned ved hjelp av noen stående profiler med tannstag, i tillegg til drev og glidelager. 2 av disse stående profilene er bevegelige. For å holde toppen av filteret, har jeg brukt en aluminiumsplate som også beveger seg langs disse stående profilene. Platen er festet på ene siden og glir mellom 2 flatprofiler i den andre enden.

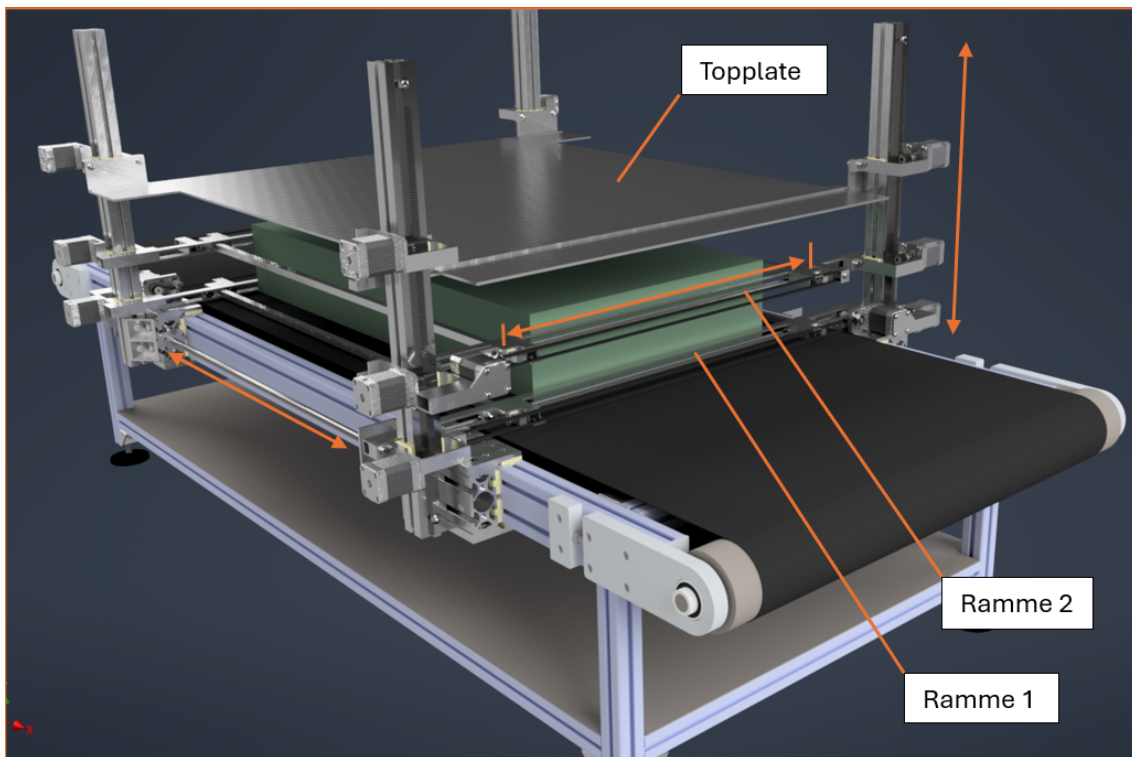


Figure 17: Helkonsept 2 med bevegelsesretninger og navn sentrale deler

6.3.1 Bevegelse på tvers av samlebandet

Bevegelsen på tvers av samlebandet blir gjort av trinser og belter. Som man kan se på figur 18, var jeg nødt til å bruke noen ekstra trinser for å få beltebanen¹⁸ på høyde med skinnen. Beltebanen måtte legges på høyde med skinnen for at ramme 1 og 2 skal kunne gå helt i sammen med hverandre, som er nødvendig for de minste filtrene. For å feste firkantakslingene¹⁸ til belte brukes noen braketter (festepunkt belte på figur18). Den ene braketten er festet til det øvre belte i beltebanen, mens den andre braketten er festet til nedre belte på beltebanen. På denne måten vil brakettene gå symmetrisk mot hverandre når motoren kjøres i en retning, og fra hverandre når motoren går andre veien.

Dette var løsningen for å kjøre rammen på tvers av samlebandet, men det trengs også noe som holder delene sammen. For å løse det har jeg brukt firkanttrør som freses om til en skinne¹⁸. På denne går det 2 ruller per brakett som er festet til belte. mellom rullene og beltebraketten er det også et glidelager for bevegelse på langs, Glidelageret kommer jeg tilbake til i neste avsnitt.

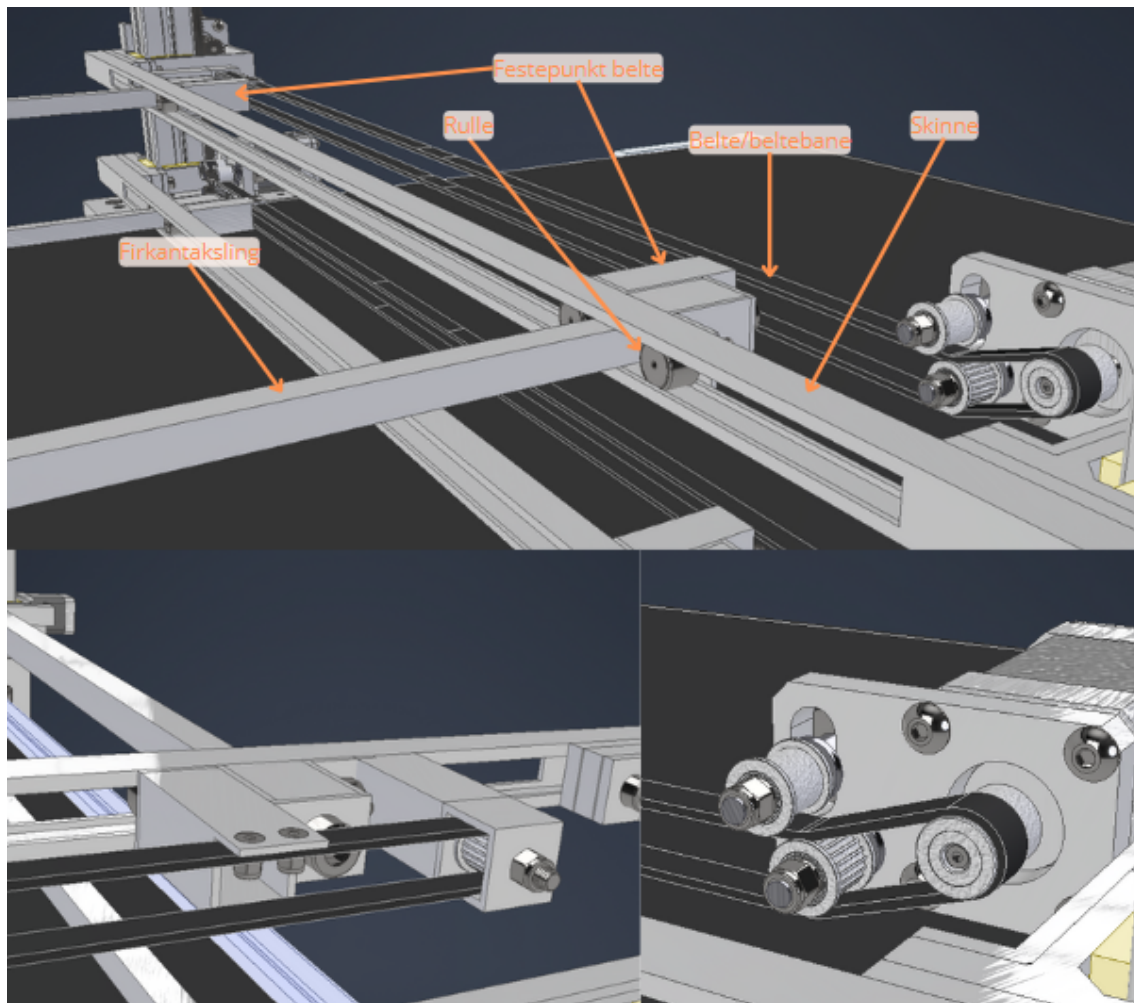


Figure 18: Bevegelse på tvers av samleband

6.3.2 Konsept bevegelse på langs av samlebandet

For å kunne ha denne bevegelsen er det flere punkter som må ha fri bevegelse. Starter vi på toppen, har platen fast feste på ene siden. På den andre siden skal platen gli mellom to flatprofiler, men aluminium mot aluminium glir ikke godt. for å fikse dette har jeg funnet ut at det finnes teiper som er laget av nylon eller lignende, som kan brukes for å redusere friksjon. Som for eksempel 3M sin type (3M Norge n.d.), som er laget av teflon(PTFE).¹⁹

På rammene er løsningen å bruke en firkantaksling som går gjennom et glidelager, som igjen går på skinnen ved hjelp av skinne ruller. Glidelager til firkantaksling er mulig å få kjøpe, jeg har funnet flere alternativer, men ingen er små nok dimensjoner på. Derfor har jeg tenkt at de må lages selv, ved hjelp av frest aluminiumsaksling og nyloninnlegg.¹⁹

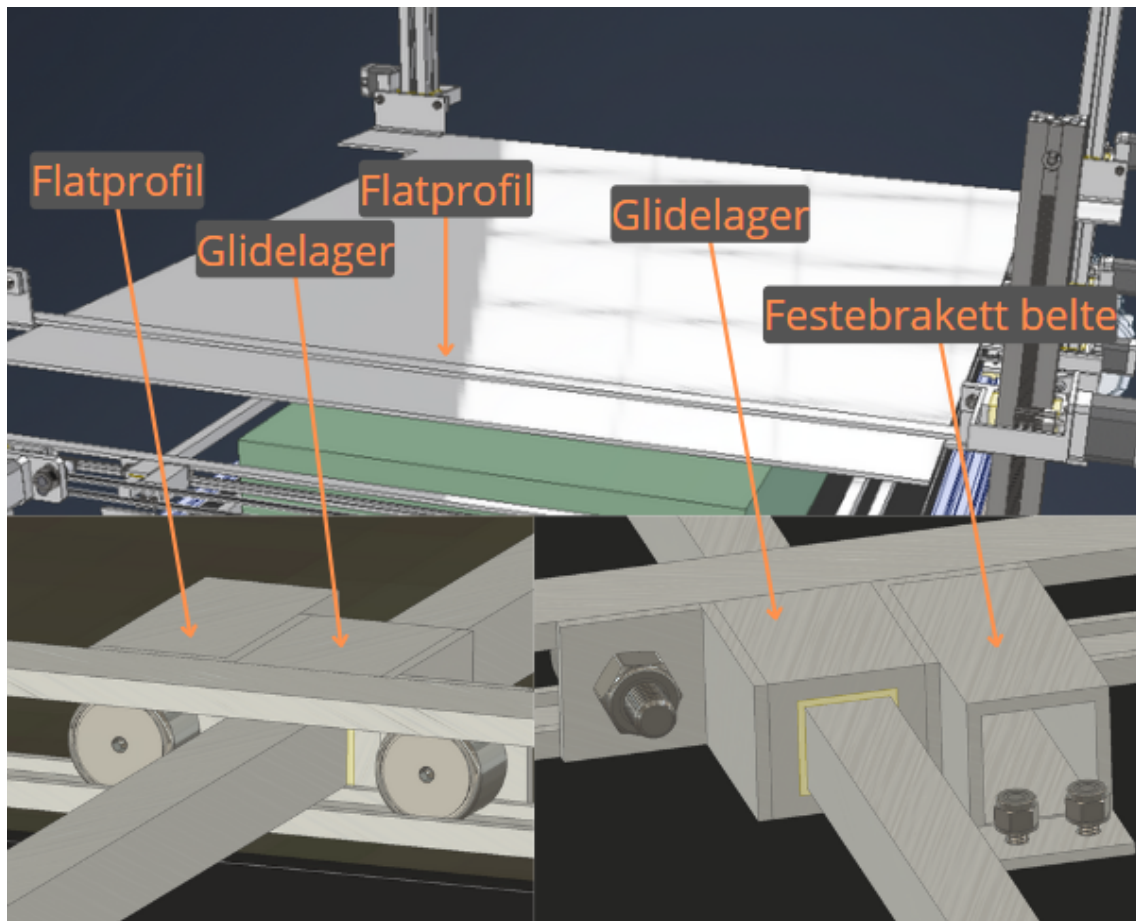


Figure 19: Bevegelse på langs

For selve bevegelsen har jeg valgt å bruke standardiserte glidelager som passer til profilene som er brukt på samlebandet. For å kjøre dette har jeg brukt Ledeskru og mutter til denne. Mutteren er festet til glidelageret, mens ledeskruen er festet i en motor i ene enden, og et lager i andre enden. Dette gjør at når ledeskruer roterer beveger glidelageret seg lineært. For å feste endelager og motor til samlebandet er det brukt braketter som er laget ved å knekke 4mm aluminiumsplater. 20

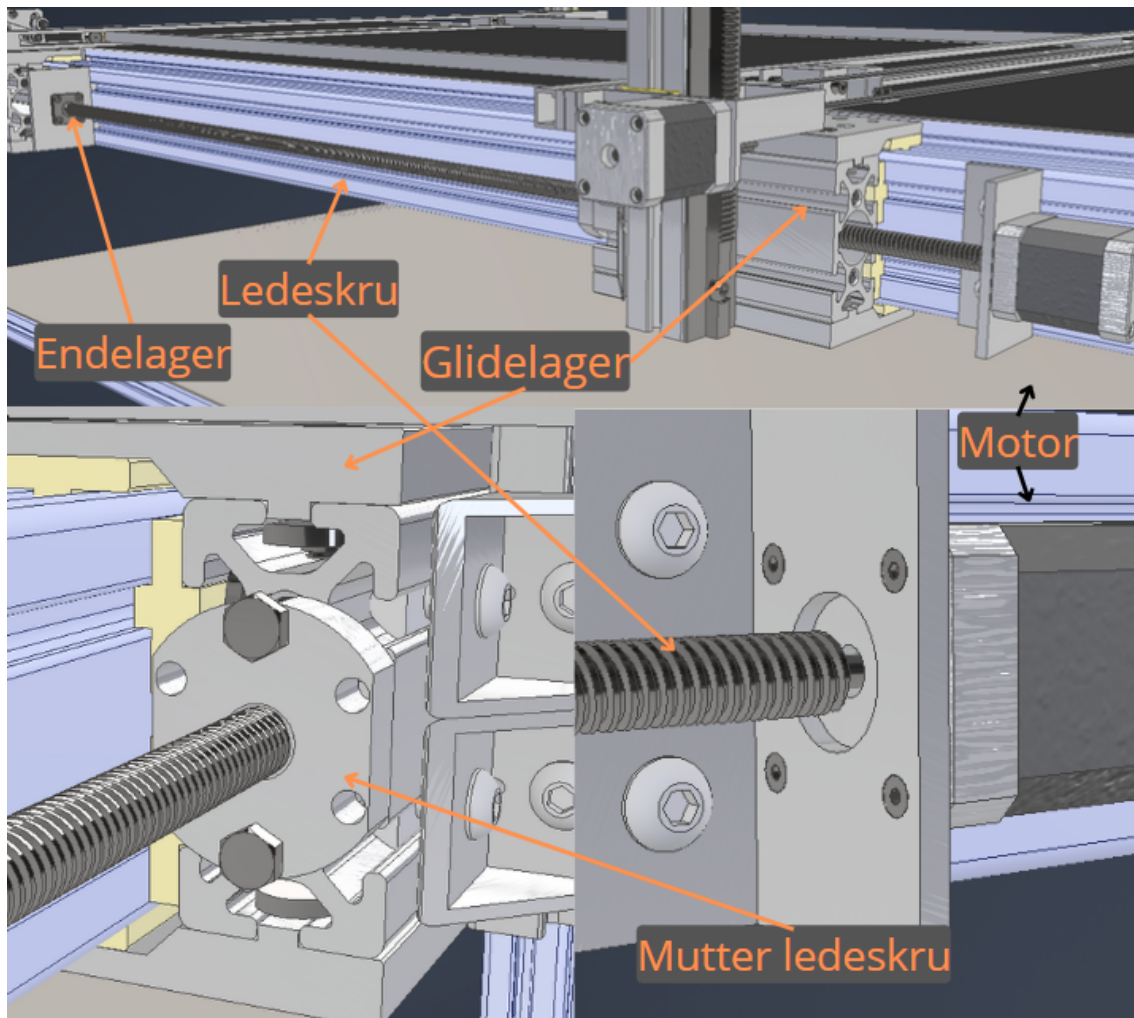


Figure 20: Kjørt bevegelse på langs

6.3.3 Konsept bevegelse opp og ned

Bevegelse opp og ned er tannstag som er festet til 4 stående profiler, på disse profilene går begge rammer og topplate. Rammene og topplaten er festet til profilene ved hjelp glidelager, disse er delvis standardiserte. Det som menes her er at man kan kjøpe disse lagrene, men de er da noe høyere og må deles. Derfor har man 2 lagre til denne bruken ved å kjøpe 1 lager hos leverandør. Bevegelsen blir drevet av motorer med drev som går på tannstagene. Motor og drev blir festet til glidelageret ved hjelp av en brakett som må knekkes av 4mm aluminiumsplate.²¹

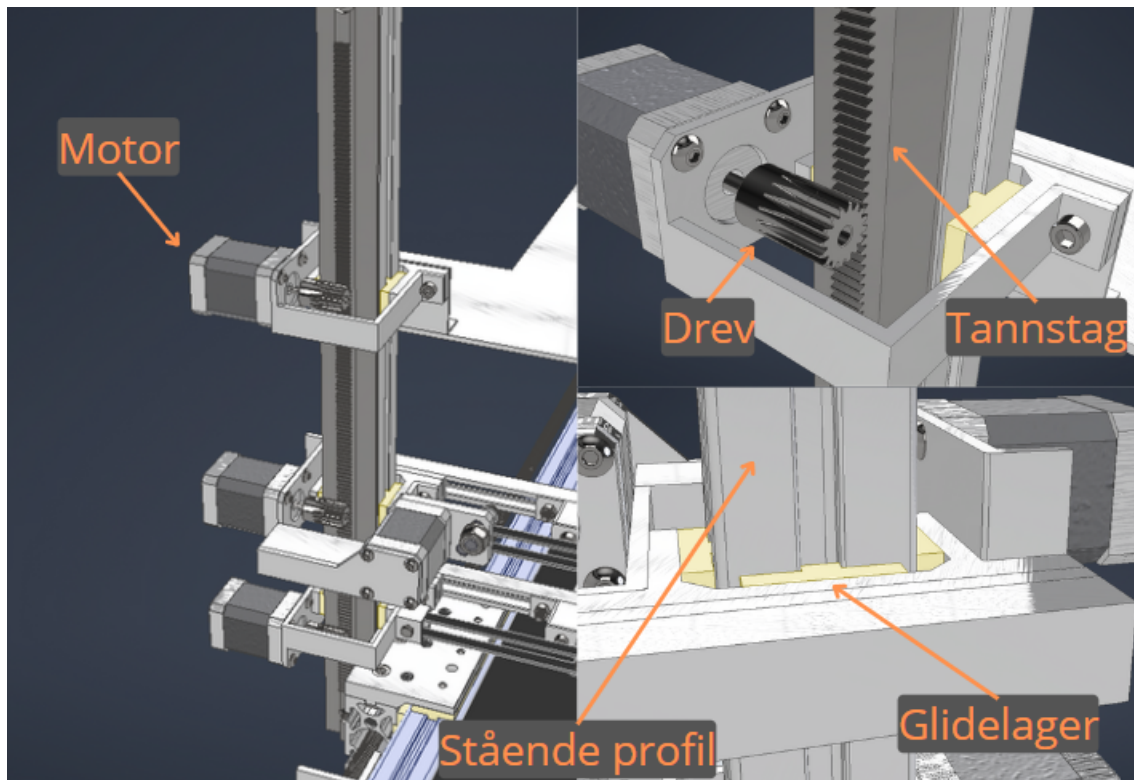


Figure 21: Bevegelse opp og ned

6.3.4 Tidligere versjoner og revideringer

Dette prosjekt har vært mye prøving og feiling. jeg begynte prosjektet i 3D-modelleringsprogrammet Autodesk fusion. men på grunn av kompliserte bevegelser gikk jeg over til Autodesk Inventor. I Autodesk fusion har man tilgang til alle tidligere versjoner av modellen, noe jeg også trodde var mulig i Inventor. Derfor har mange tidligere revisjoner av dette konseptet gått tapt. Disse endringene var for det meste på rammene 17. Hvor jeg har prøvd flere metoder for å lage bevegelse i 2 retninger, mens høyden holder seg under 23mm. Jeg prøvde først å få til firkantakslinger over hverandre som er illustrert på figur 22. Noe som viste seg å være vanskelig å få til på under 23mm.

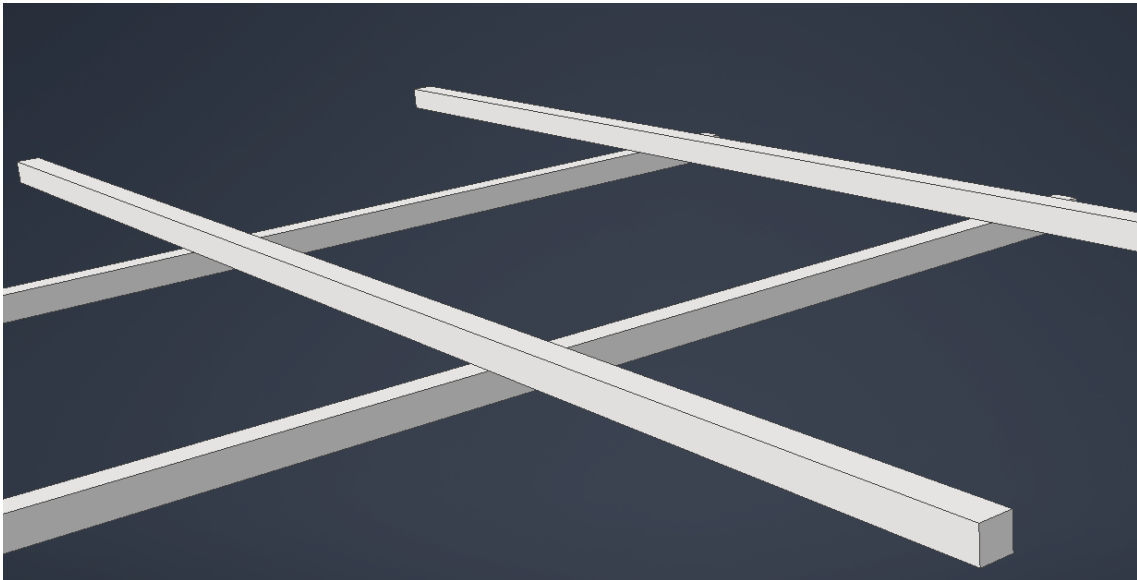


Figure 22: Illustrasjon tidligere konsept

Jeg vurderte også muligheten for å bruke fleksible gummibånd for å oppnå bevegelse i en av retningene. Denne ideen virket lovende ettersom den tillot at man oppnådde hold i begge retninger på samme høyde. Imidlertid måtte jeg også vurdere muligheten for slitasje på gummibåndene, samt om de kunne strekkes langt nok for formålet. Etter litt undersøkelse fant jeg ut at visse typer gummi kan strekkes opp til 10 ganger sin egen lengde, og at de kan gjennomgå denne strekkprosessen mange ganger uten synlige tegn til slitasje

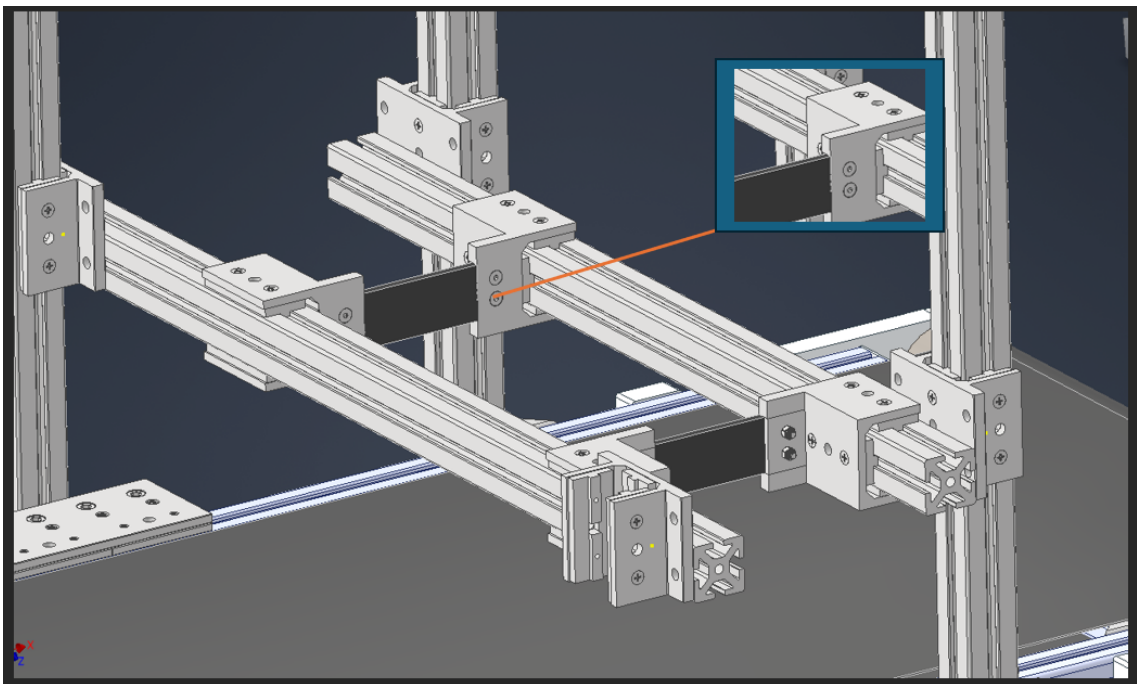


Figure 23: Gummibåndkonsept

Dette konseptet ble forkastet etter at jeg oppdaget en utfordring i det markerte området på figur 23. For å sikre at gummi lå helt inntil filteret, måtte endene av båndet være tynnere enn resten. Dette var nødvendig fordi gummibåndet skulle festes til en brakett med to sider og gjennomgående skruer 23. Imidlertid førte denne tilpasningen til en uønsket konsekvens: gummi ville kun strekke

seg i dette tynnere området. Som følge av dette ville båndet ha en tendens til å ryke langt tidligere enn ønsket tidspunkt.

7 Beregninger, analyser og animasjoner

7.1 Kostnadsoverslag

En del av oppgaven var å sette opp et kostnadsoverslag, jeg valgte å kombinere deleliste og kostnadsoverslag for å enklere ha oversikt mens jeg gjorde utregninger. Dette førte til en veldig stor tabell. Derfor har jeg valgt å bare ta med utregningen av totaltkostnaden her. For å finne prisene for hver enkelt del vises de til excel filen som ligger under vedleggene10.1.

Når jeg regnet ut prisene brukte jeg nettstedet McMaster-Carr n.d. for å finne prisene på standardkomponenter. Disse var i dollar, så de måtte regnes om. Deretter har jeg ganget det opp med antallet av komponenter.

I konseptet har jeg ikke kontroll på hvilke spesifikke deler som er brukt i samlebandet, da jeg har importert det fra et selskap som lager slike samleband. Jeg har også redigert noen av delene til samlebandet for å passe til applikasjonen. Med tanke på dette har jeg estimert så godt jeg kan, ut ifra lignende komponenter. De komponentene som er standarddeler som skruer og profiler, har jeg funnet eksakte delenummer. Men jeg klarte ikke å finne de eksakte delene som er brukt på 3D-modellen av samlebandet. Derfor har jeg brukt priser på lignende produkt til å estimere pris.

Det er også noen deler som må spesialbestilles som for eksempel belte til samlebandet og beltene på rammene. Her har jeg gjort litt research og gjort et estimat ut ifra det.

For deler som må produseres selv har jeg fått priser per kg aluminium og per kg stål fra på mail fra Smith Stål. Derifra har jeg funnet kvadratpris på plater og pris per meter for forskjellige profiler. På denne måten har jeg regnet ut hva materialet som trengs for å lage delene vil koste eksakt. Alt ettersom om de som skal lage delene, bruker materialene ellers, vil ikke denne prisen stemme. Dette er fordi man må kjøpe for eksempel en hel plate etc. Jeg har valgt å ikke ta høyde for disse svinnene, da jeg regner med at siden bedriften har eget verksted for å fremstille deler, lager de også andre ting og får brukt restmaterialet.

enhet	pris	Mengde	Totalpris standardkomponenter →	110717,85
Kr/kvm	735,8	3,86	Plate 4mm Aluminium	2840,188
Kr/kvm	367,9	0,107	Plate 2mm Aluminium	39,3653
kr/m	32,5	0,3	Firkantrør 20x30 Aluminium	9,75
Kr/m	14,3	2,1	Flatprofil 20x4 Aluminium	30,03
Kr/m	25,35	0,28	Firkantrør 20x20 Aluminium	7,098
Kr/m	195	0,2	Firkantaksling 30x35 Aluminium	39
Kr/kvm	600	0,16	Plate 3mm Stål	96
Kr/m	35,25	0,1	Aksling Ø15 Stål	3,525
-	-	-	Flattstål 20x2 Aluminium (finnes ikke, regnes inn i plate)	-
Kr/m	33,15	4,4	Firkantaksling 15x12 Aluminium	145,86
Kr/m	21,45	4	Firkantrør 20x15 Aluminium	85,8
Kr/m	70,2	0,28	Flatprofil 50x8 Aluminium	19,656
Kr/m	1820	0,015	Aksling Ø115 Aluminium	27,3
			Total pris hele jiggen	114061,42

Figure 24: Utdrag kostnadsoverslag

7.2 Beregninger

I dette prosjektet er ikke styrkeberegninger og dimensjonering veldig relevant. Siden filterene ikke skal presses eller noe skal løftes er det lite krefter som virker på jiggen. Den største påkjenningen til jiggen er sannsynligvis bevegelse opp og ned for topplaten, men siden det er aluminium har den også en relativt lav vekt. Jeg har regnet meg frem til at platen vil bli rundt 12kg, så jeg antar en egenvekt på 14kg med alle komponenter som hører til topplaten. Den første utregningen jeg gjør herifra er å finne ut hvilke hastigheter topplaten maksimalt kan bevege seg med. For alle utregninger har jeg valgt å se bort ifrå friksjonen som er mellom alle glidelager og aluminiumen. Dette har gjort fordi med en friksjonskoeffisient på rundt 0.1 og lav vekt på komponenter ville friksjonen uansett vært veldig lav.

Forklaring	Verdi
Total masse topplate	14 kg
Tyngdeakselerasjon	9.81 m/s^2
Radius Drev	0.008 m
Antall Løftemotorer	4

Table 1: Oversikt verdier for å regne ut momentet per drev/motor

$$G = mg \rightarrow G = 14 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 \rightarrow G = 137.34 \text{ N} \quad (1)$$

$$F = G/4 \rightarrow F = 34.335 \text{ N} (F = \text{tyngdekraft per motor}) \quad (2)$$

$$M_D = F * R_D \rightarrow M_D = 34.335 \text{ N} * 0.008 \text{ m} \rightarrow M_D = 0.275 \text{ Nm} \quad (3)$$

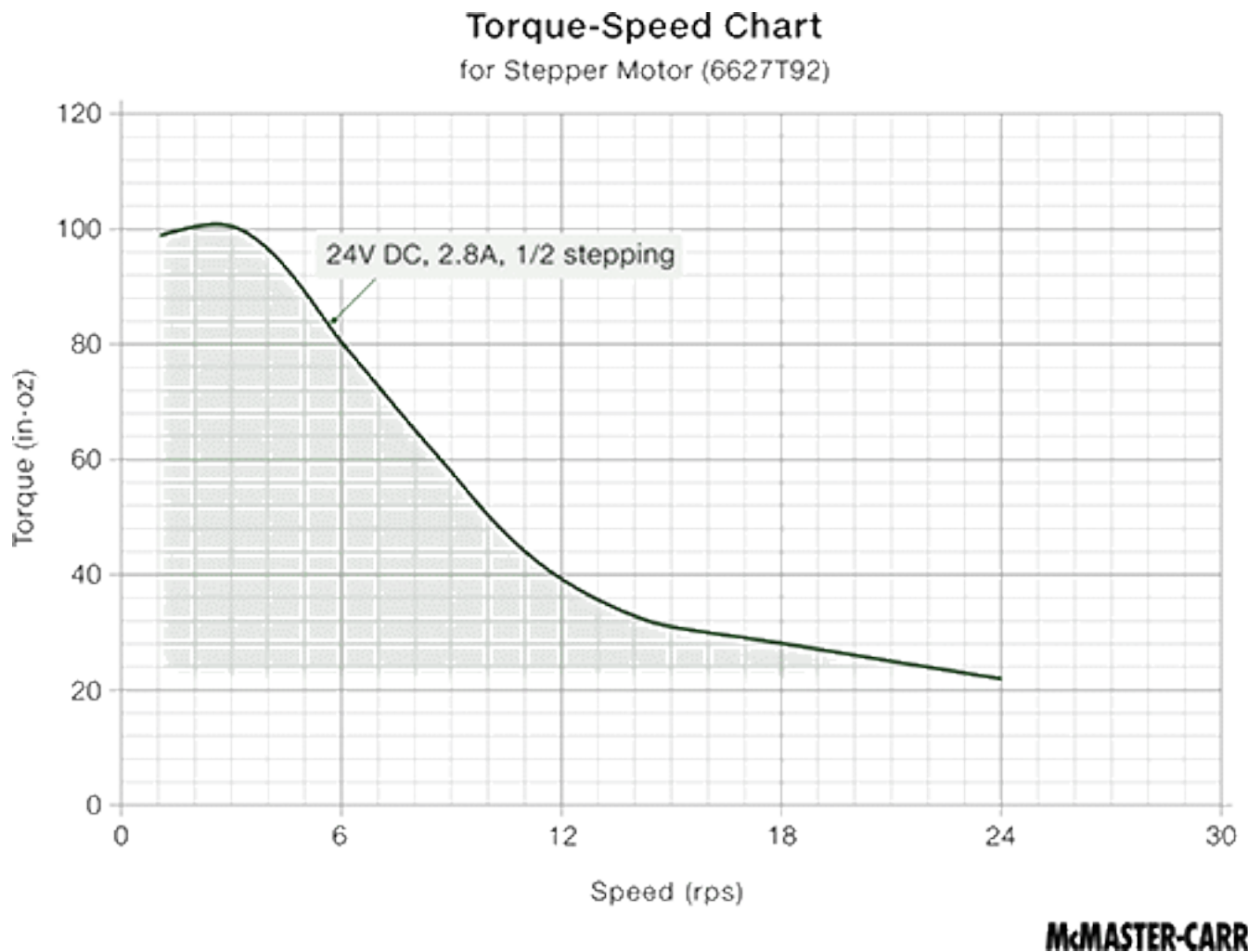


Figure 25: Moment/hastighet graf i in-oz og rps

Når vi regner om MD til in-oz får vi rett under 40 som i følge grafen 25 gir en maksimal hastighet på 12rps. Siden drevet har et overføringforhold på 1:1 vil topplaten bevege seg lineært en avstand lik diameteren til drevet som er 16mm.

$$\text{Maksimallineær hastighet} = 12 \text{ rps} * 16 \text{ mm} = 192 \text{ mm/s} \quad (4)$$

For de 2 andre retningene jiggen skal bevege seg i, valgte jeg å regne på maksimalt press de kan oppnå med de motorene som er valgt. Disse motorene har maksimalt moment for hold på 0,88Nm, og i følge grafen 25 slutter de å bevege seg på rundt 0,7Nm. Derfor har jeg valgt å bruke 0,7Nm som maksimalt moment per motor i utregningene.

Den neste bevegelsen jeg har valgt å se på er bevegelsen på langs av jiggen. Her er det 2 motorer med ledeskruer som driver bevegelsen. for å finne (β) måtte jeg ha en friksjonskoeffisient, klarte ikke å finne spesifikk fra produsent. Derfor har jeg brukt 0,3 som er det høyeste på skalaen til friksjon mellom rustfritt stål og acetal plastikk, som disse komponentene er laget av.

Forkortelse	Forklaring	verdi
V_R	Hatighetsforhold	$= X_E/X_L = 7,54$
X_E	Rotasjons forflytting ledeskru	$= 12 \cdot \pi$ (omkrets ledeskru)
X_L	Lineær forflytting	$= 5\text{mm/o}$ (Oppgitt fra prod.)
(α)	Stigningsvinkel gjenger	$= \tan^{-1}(X_L/X_E) = 7,55$
(β)	Friksjonsvinkel	$= \tan^{-1}(0,3) = 16,699$
(η)	Effektivitet	$= \tan(\alpha)/\tan(\alpha + \beta) = 0,29$
mA	Mekanisk fordel	$= V_R \cdot \eta = 2,19$
r	Radius ledeskru	0,006m
M_m	maksimalt moment motor	0,7Nm
F_E	maksimal kraft ledeskru	$= M_m/r = 116,7N$
F_L	Last (Den jeg er ute etter)	$= mA \cdot F_E = 255,57N$

Table 2: Utregning for maksimal kraft i retningen på langs av jiggen

$$\text{Maksimal last bevegelse på langs av jiggen} = F_L \cdot 2 = 255.57 \cdot 2 = 511.146 \text{ N} \quad (5)$$

Som man kan se i tabellen over 2 har jeg regnet ut maksimal last ledeskruen kan forflytte i retningen på langs av jiggen. på jiggen er det 2 sånne ledeskruer som jobber sammen som gjør at jiggen kan presse med 511N i den retningen. Denne verdien er den jeg skal bruke til å lage stressanalyse på skinnen, som er den som vil ta imot disse kreftene om man skulle hatt press. stressanalysen kommer i neste avsnitt.

Bevegelsen på tvers av jiggen blir kjørt av belter og trinser. Her er det flere faktorer som må antas for å finne en tilnærming. En av de er at momentet under akselerasjon av systemet ikke er relevant på grunn av den lave vekten til firkantakslingen som presser på filteret. Reelt sett skal ikke filteret presses, dette er noe jeg gjør for å få med noen utregninger i oppgaven. For å ta hensyn til tapet i systemet på grunn av for eksempel friksjon, og egenvekten til firkantkakslingen og glidelageret, bruker vi en effektivitetsfaktor i utregningene. Utregningen vil også kun fungere ved lik størrelsen på den kjørte trinsen og den kjørende trinsen. Også i denne utregningen tar jeg utgangspunkt i det høgste momentet til motoren, mens den fortsatt beveger seg.

$$T_c = \frac{F_a \cdot r_1}{1000 \cdot \eta}$$

T_c = torque required during constant velocity (Nm)

F_a = total axial force (N)

r_1 = radius of drive pulley (mm)

η = efficiency of belt drive system

Figure 26: formel for nødvendig moment konstant hastighet Name 2022

Jeg bruker formelen over 26 og snur den sånn at jeg kan finne F_a ved hjelp av radiusen til trinsen og maks moment motor. radiusen til trinsen er 6,33mm, og maks moment motor er 0,7Nm. Maks moment er T_c i dette tilfellet og radius er r_1 . Jeg velger å bruke en lav effektivitetsfaktor fordi jeg også tar hensyn til egenvakten i den faktoren. Jeg bruker 0,75 som faktor

$$T_c = (F_a \cdot r_1)/(1000 \cdot \eta) \rightarrow F_a = (T_c \cdot 1000 \cdot \eta)/r_1 \quad (6)$$

$$F_a = (0,7 \cdot 1000 \cdot 0,75)/6,33 = 82,94N \quad (7)$$

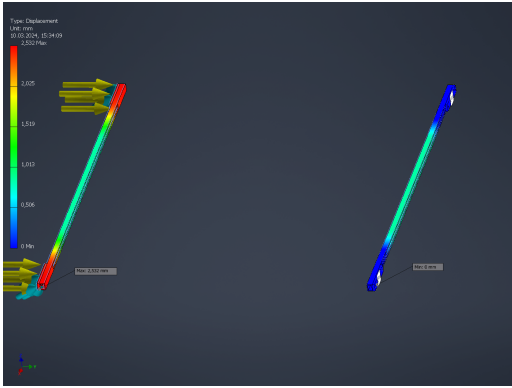
Her ser vi at for bevegelsen på tvers av jiggeren vil det ikke være mulig å oppnå et høyt trykk med de komponentene som er valgt i jiggeren. Det maksimale presset vil være 82,94N, som fordeles over hele flaten på filteret. Men i vårt tilfelle betyr dette at komponentene som er valgt både for denne bevegelsen og de andre bevegelsene i jiggeren er tilstrekkelige. Dette er fordi vi ikke ønsker noe press.

7.3 Analyser

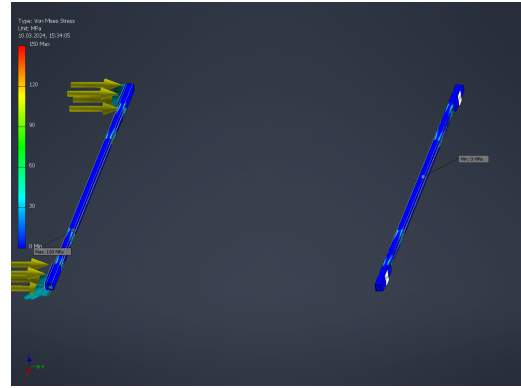
Her skal jeg fortsette litt med verdiene jeg fann i det forrige kapitlet. jeg skal kjøre stressanalyse for bevegelsen på langs og bevegelsen på tvers av jiggeren, for å se hva som skjer når de er under belastning. Jeg kommer til å legge inn bilde av en analyse av det minste filter og en av det største filteret. Det minste filteret vil være den analysen som er mest aktuell. Merk at i noen av analysene har jeg gjort filteret usynlig for å lettere se hvor spenningene er. Dette skulle jeg sannsynligvis gjort i alle analysene, men det ble ikke gjort. Disse bildene er et utdrag ifra en rapport, rapportene er lagt ved i sin helhet under vedlegget 10.3.

7.3.1 På langs av jiggeren

Med den kraften motorene klarer å levere i denne retningen, er skinnenes styrke såvidt tilstrekkelig for det største filteret, men for det minste er skinnene ikke sterke nok. Som sagt er dette noe som ikke er relevant da det i realiteten ikke skal være noe press på filterene.

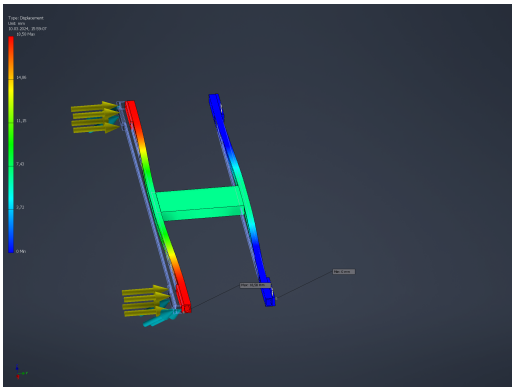


(a) Displacement for største filter

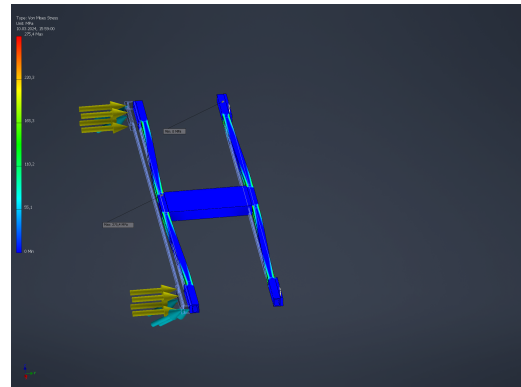


(b) Von mises for største filter

Figure 27: Displacement og von mises for største filter



(a) Displacement for minste filter

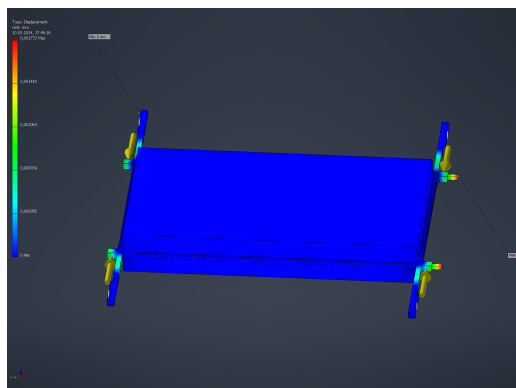


(b) Von mises stress minste filter

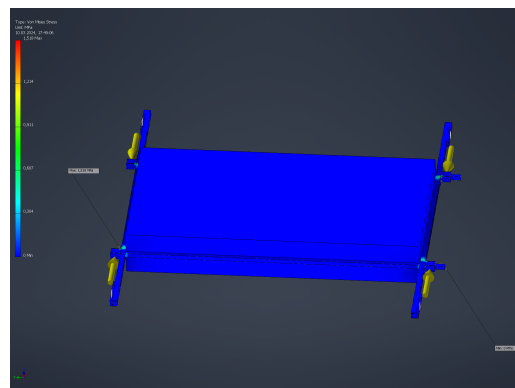
Figure 28: Displacement og von mises stress for minste filter

7.3.2 På tvers av jiggen

For Bevegelsen i denne retningen klarer motorene og beltene å gi vesentlig mindre press, i tillegg til dette er konstruksjonen som er brukt her solid, og derfor sterkere. Dette fører til veldig lav spenning og tøyning i materialet. Begrensningen for press er derfor for denne bevegelsen kraftoverføringen. Men som sagt har det ikke noe å si for denne applikasjonen.

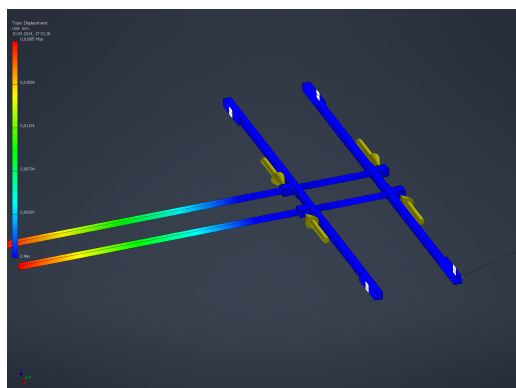


(a) Displacement for største filter

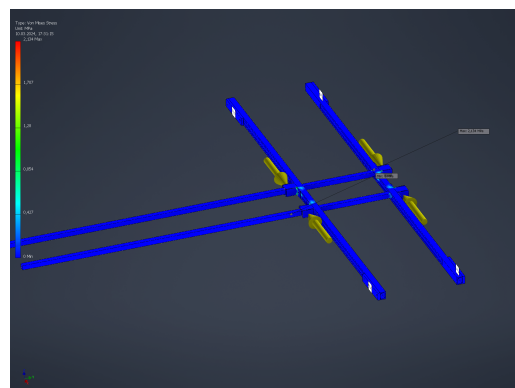


(b) Von mises stress for største filter

Figure 29: Displacement og von mises stress for minste filter



(a) Displacement for minste filter



(b) Von mises stress minste filter

Figure 30: Displacement og von mises stress for minste filter

7.4 Animasjoner

Jeg har lagt med noen animasjonsvideoer av jiggen. Animasjonene er laget i Inventor Studio ved å legge inn de forskjellige bevegelsen som jiggen skal utføre. Jeg har laget en animasjon av det største filteret og en av det minste filteret. Dette har jeg gjort fordi de 2 har forskjellige prosesser. Det å lage slike animasjoner og renderer de, krever mye fra datamaskinen. Jeg har derfor vært nødt til å jobbe med litt forenkling for å i det hele tatt få animasjonene til å gå. For å lage en god rendering av min animasjon som varer i 20 sekunder, hadde jeg vert nødt til å kjøre rendering i 80 timer når jeg fikk låne en pc med betydelige bedre kapasitet enn den jeg har. Derfor har jeg forsøkt å lage så gode renderinger som overhodet mulig med det utstyret jeg har tilgjengelig. I tillegg til animasjonene for dette konseptet har jeg en animasjonsvideo av det første konseptet som også ligger vedlagt 10.5. her hadde jeg ikke fått målene på filterene etc. Derfor var dette et konsept som ikke ble gjort mer med, da det ikke ville fungert. Jeg har også lagt ved det jeg fikk tid til å lage av animasjoner fra helkonsept 1 10.6, den ene videoen er av den ene bevegelsen i det konseptet, og den andre er en dårlig rendering av alle bevegelsene. Begge deler er fra et tidlig stadie i den konseptutviklingen, den mangler mye komponenter. Grunnen til at jeg ikke fikk tid til å lage mer videoer er at for å få gode renderinger, tar det tid med en standard datamaskin.

8 Diskusjon

8.1 Materialvalg

Jeg forsøkte å holde materialvalget for jiggen så enkelt som mulig, derfor har jeg primært valgt å bruke aluminium. Dette valget bidrar til å holde vekten på jiggen lav, og jeg ser ikke på styrketapet som et problem, ettersom spenningene i jiggen er lave. Dette gjelder alle deler og sammenføringer i jiggen. Det eneste stedet jeg har brukt stål er i sveiseplatene for tannstagene og boltene til trinsene. Jeg valgte stål til trinseboltene for å sikre at de er sterke nok. På grunn av strammingen av beltene og den lave diameteren på noen tverrsnitt, var stål det mest hensiktsmessige valget her. Sveiseplatene for tannstagene valgte jeg bare fordi tannstagene er kjøpt og laget av stål. Siden planen er å sveise tannstagene til en plate, måtte jeg bruke stål til denne platen. Platen festes deretter til de stående aluminiumsprofilene ved hjelp av bolter og T-muttere som passer inn i profilen. Grunnen til at jeg måtte ha denne platen i det hele tatt, er at tannstagene er like smale som sporene i profilen, som er plassert der jeg må feste tannstagene.

Jeg valgte rustfritt stål til skruer og muttere, men dette kan selvfølgelig endres om ønskelig. Valget av rustfritt stål har ingenting å gjøre med funksjonaliteten eller styrken, da forholdene der jiggen eventuelt skal brukes ikke krever rustfrie komponenter. Rustfritt stål ble valgt for å matche andre komponenter som leveres i rustfritt stål, og er derfor et valg som primært går på design. Jeg mener også at rustfrie bolter gir et inntrykk av kvalitet.

Når det gjelder glidelagerene, er de kjøpte lagrene levert med UHMW-plast som er nevnt i teoridelen. Men for de selvproduserte lagrene har jeg valgt å bruke Nylon PA-6 på grunn av materialets egenskaper. Selv om UHMW har litt lavere friksjonskoeffisient, skal Nylon PA-6 være lav nok for dette formålet. Nylonen har også en lav pris og krever mindre utstyr for å produsere på grunn av høy maskineringskapabilitet. Derfor er Nylon et godt alternativ for denne applikasjonen.

Delekategori	Material
Skruer, Muttere	18-8 Stainless steel
Tannstag og drev	1045 Carbon steel
Alt av braketter	Aluminium (EN AW-1050A)
Sveiseplate Tannstag og selvproduserte bolter	Stål (s355jr)
Alt av profiler	Aluminium (6560 T6)
Kjøpte glidelager	UHMW plast
Selvproduserte glidelager	Nylon PA-6

Figure 31: Noen grupperte materialvalg jeg har tatt

I figur 31 er det presentert hvilke materialer jeg har brukt for de forskjellige materialgruppene for dette prosjektet. For å se materialvalgene på hver enkelt del, er det en excel fil "Kostnadsoverslag og material" 10.1 i vedleggene som har materialvalg for hver enkelt del. I denne excel filen er det ikke presisert hvilken legering jeg har brukt på hver enkelt del, men type material. det vil si at står det stål i excel, menes s355jr etc. Noen av standardkomponentene i excel filen har jeg ikke notert hvilke materiell som er brukt. For noen er dette fordi jeg manglet informasjon om material, og noen er fordi det er flere typer material som for eksempel en motor.

8.2 Maskinkomponenter

I tabellen 32 har jeg satt opp de forskjellige typene maskinkomponenter jeg har valgt å bruke for bevegelse i jiggen.

Bevegelse/sammenføring	Maskinkomponent
Bevegelse opp og ned	Glidelager tilpasset profil
Bevegelse på langs av jiggen	Glidelager tilpasset profil
Bevegelse på tvers av jiggen	Ruller på skinne
Kjørt bevegelse opp og ned	Tannstag og Drev
Kjørt bevegelse på langs av jiggen	Ledeskru og Mutter
Kjørt bevegelse på tvers av jiggen	Trinser og Belte

Figure 32: Maskinkomponenter

Der hvor det har latt seg gjøre, har jeg brukt glidelager som passer til profilene jeg har brukt. Det valget har jeg tatt for å holde delene mest mulig standardiserte. I tillegg til at glidelager er det naturlige valget for lineær bevegelse. Når det kommer til bevegelsen som går på tvers av jiggen har jeg brukt ruller som går på en skinne. Her var det den eneste metoden jeg kunne finne, som fungerte i dette tilfellet. Dette er fordi rullene kan gå inni skinnen som gjør det enklere å holde seg under 23mm i høyden.

For å kjøre bevegelsene har jeg valgt 3 forskjellige metoder. Tannstag og drev ble valgt for bevegelsen opp og ned, På grunn av at alle 3 høyder kan kjøres på samme tannstag. Dette er fordi det er drevet som beveger seg. bevegelsen på langs av jiggen, har jeg valgt fordi det er en testet metode i tilfeller som ligner dette. Med det mener jeg dreiebenker som også er drevet av ledeskru. Den siste og vanskeligste kjørte bevegelsen har vært på tvers av jiggen, her har jeg vært begrenset av det lave høydemålet på 23mm. Jeg endte med en beltemetode som jeg tror vil fungere bra. Det er også den eneste av alle metodene jeg har prøvd å modellere inn som har fungert.

8.3 Videre arbeid

Videre arbeid vil fokusere på å integrere alle nødvendige komponenter i 3D-modellen. De fleste er allerede på plass, men det gjenstår noen småkomponenter som kan med fordel legges til. Dette inkluderer sensorer som aktiverer bevegelsen automatisk når filteret er innenfor jiggen sitt område. En annen forbedring som ville automatisert jiggen ytterligere, er å utstyre den med visjonsteknologi eller lignende, slik at den kan identifisere filterstørrelsen og velge riktig program selv.

Etter dette trinnet ville jeg begynne å tenke på prototyping for å sikre at alt fungerer som det skal. For å teste jiggen må vi også samarbeide med en automasjonsingeniør for å utvikle et program.

En annen ting jeg vil undersøke nærmere, er om det er mulig å redusere antall komponenter i jiggen uten at det går på bekostning av funksjonaliteten. Akkurat nå inneholder konseptet 18 motorer, som selv om de er små, fører til kompleks styring og mange ledninger. Så langt har jeg ikke funnet en løsning på dette som ikke går på bekostning av funksjonaliteten. Gjennom prototyping og testing vil det sannsynligvis bli lettere å finne en optimal løsning.

9 Konklusjon

I løpet av dette prosjektet har det blitt utviklet et konsept for en jig som vil effektivisere produksjon av filter. I utviklingen av jiggen har problemer blitt løst på en god måte i forhold til hva oppgaven krever. Konsepter for løsninger på detaljer har blitt presentert og drøftet rundt. Flere konsepter har blitt 3D-modellert og animert, for å komme frem til det beste helhetlige konseptet. I tillegg har det vært gjort gode valg av komponenter, både med tanke på pris, enkelhet og funksjon. Selv om det ikke er veldig relevant i forhold til denne oppgaven, har det blitt gjort beregninger som forteller oss litt om styrken til noen av komponentene. Gjennom teoridelen har relevant informasjon blitt gjennomgått. Noe som gjør det enklere å følge delene både om produktutviklingsprosessen og om materialvalgsprosessen.

Samlet sett har bacheloroppgaven lyktes med å adressere og løse de tekniske utfordringene knyttet til utviklingen av jiggen. Den grundige tilnærmingen til materialvalg og maskinkomponenter, sammen med en planlagt vei for videre utvikling og testing, gir et solid grunnlag for å realisere prosjektets mål om å skape en funksjonell og effektiv løsning for filterproduksjon.

10 Vedlegg

10.1 Kostnadsoverslag



10.2 3D-Modell filer

https://drive.google.com/drive/folders/1pHr_W5pmVdTb1qwI7DLK2DqlzC_SDNfr?usp=drive_link

10.3 Stressanalyser

https://drive.google.com/drive/folders/1meU5-MMCX-saE12_pl2bo4ljUoCyMiup?usp=sharing

10.4 Animasjoner Helkonsept 2

https://drive.google.com/drive/folders/1cD1-LTIZnxB_BRxdSyq6SS4sqzbDHBYx?usp=sharing

10.5 Animasjon konsept før motatt oppgave

<https://drive.google.com/drive/folders/11ihLcasQhjkKqdtBxE5VYxXCabvww6G-?usp=sharing>

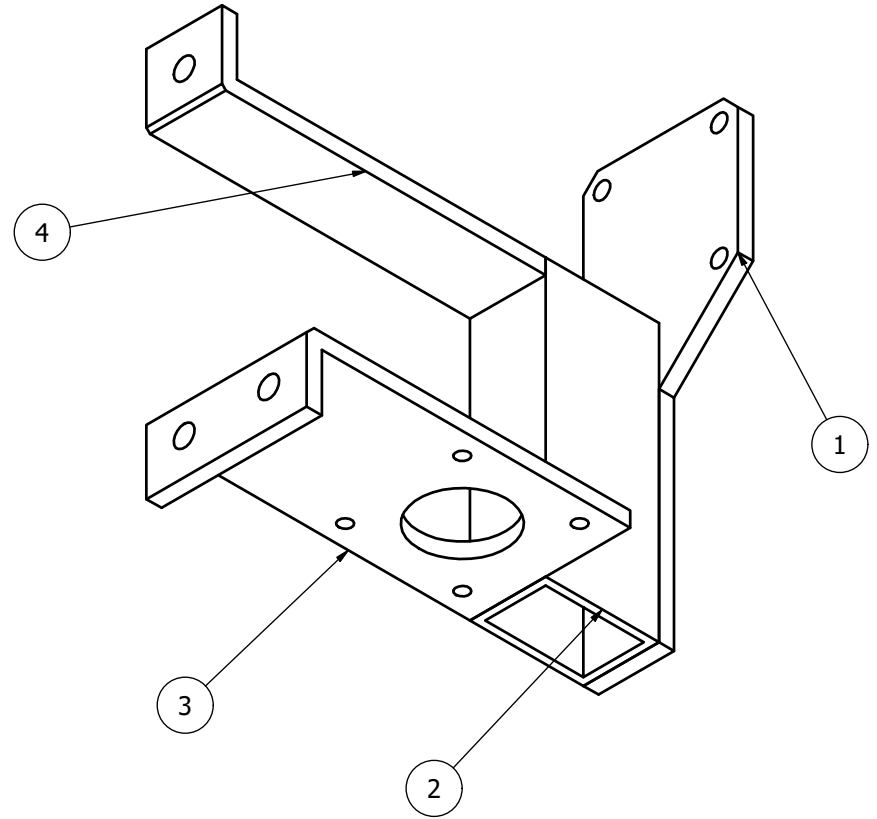
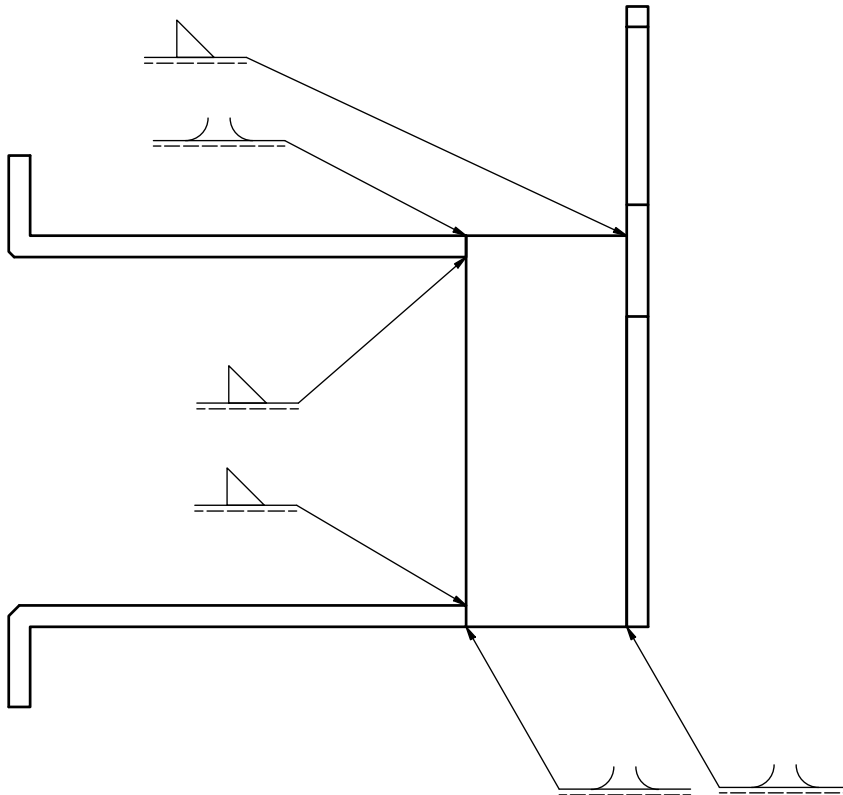
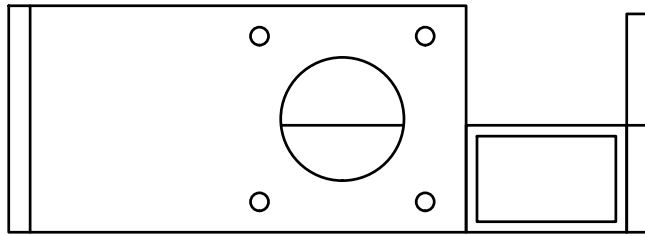
10.6 Animasjoner konsept 1

Her har jeg ikke hatt tilstrekkelig med tid til å lage gode videoer, jeg har 1 video bare med 1 bevegelse og 1 som ikke har en god render. Dette er fordi rendering tar veldig lang tid, med en laptop av det kaliberet jeg har tilgjengelig.

<https://drive.google.com/drive/folders/1s5h7TWSiRGUYa7y4-a9-Dz27wl.ITDEh?usp=sharing>

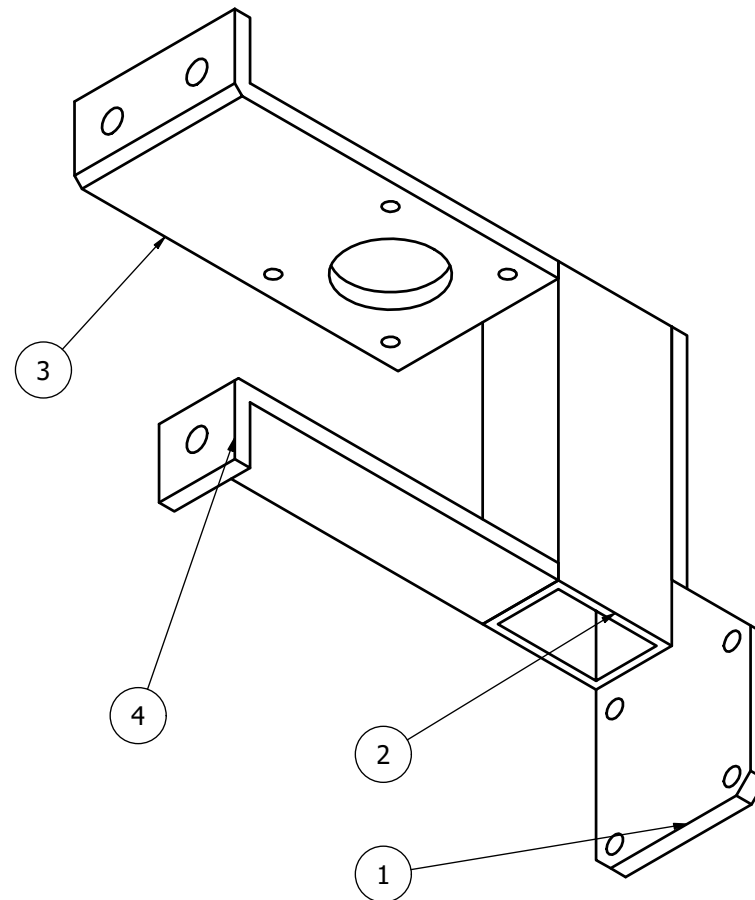
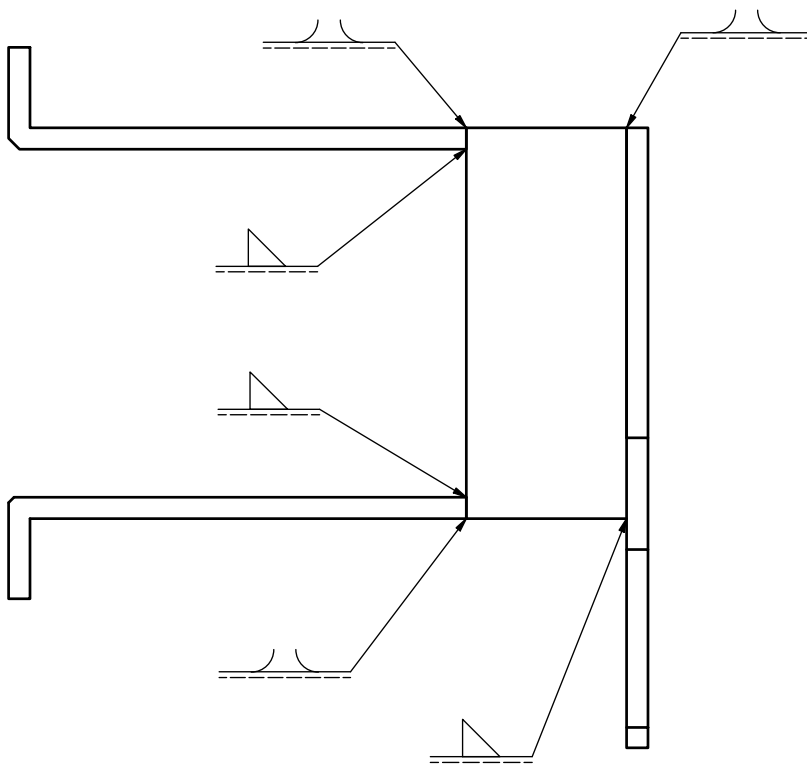
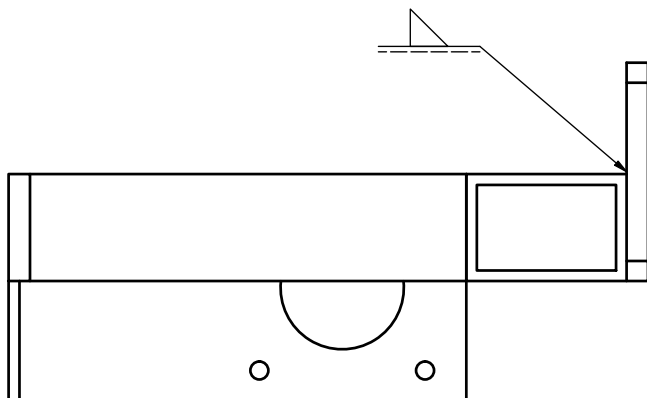
10.7 2D tegninger

På disse tegningene mangler en del senterlinjer på hull etc. Med mer tid hadde jeg fikset dette.



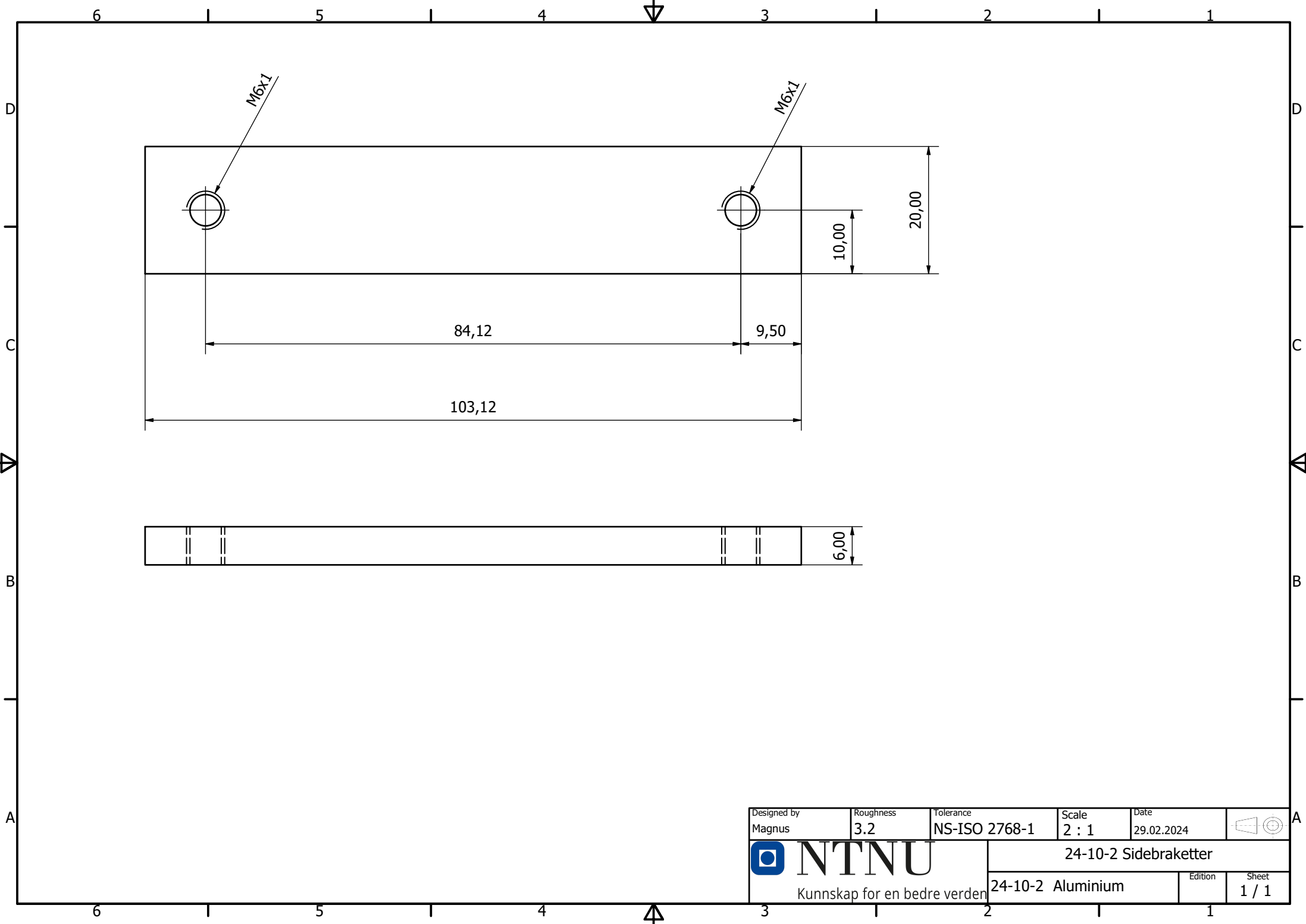
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	24-10-34 plate_del av brakett	Aluminium
2	1	24-10-35 firkantrør del av brakett	Aluminium
3	1	24-10-97 Brakett del 2	Aluminium
4	1	24-10-98 Stepperfeste del 1	Aluminium

Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			Sammensetting brakett for beltemotor 1 21-1-14		
			Edition	Sheet	
				1 / 1	

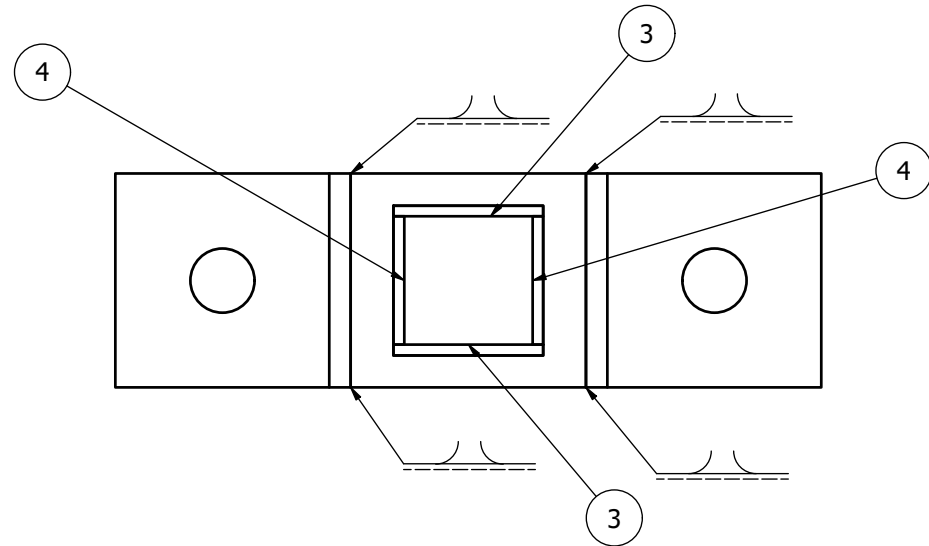
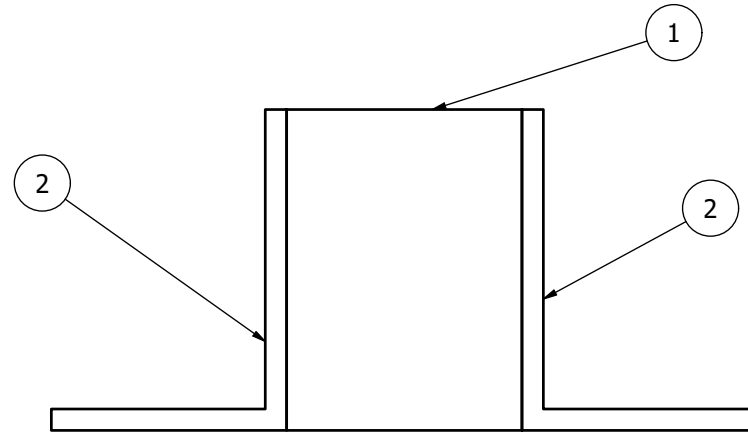
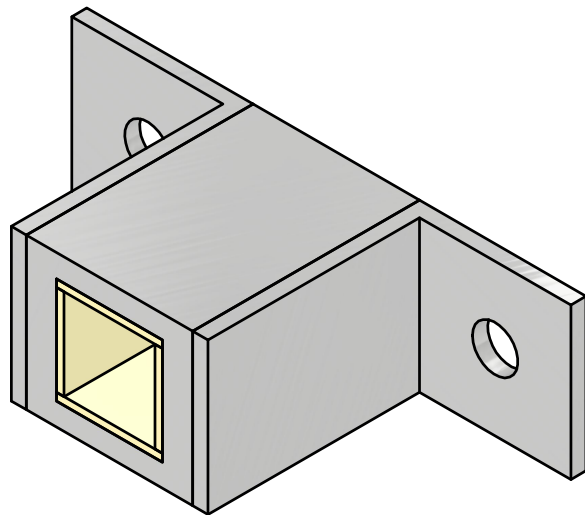
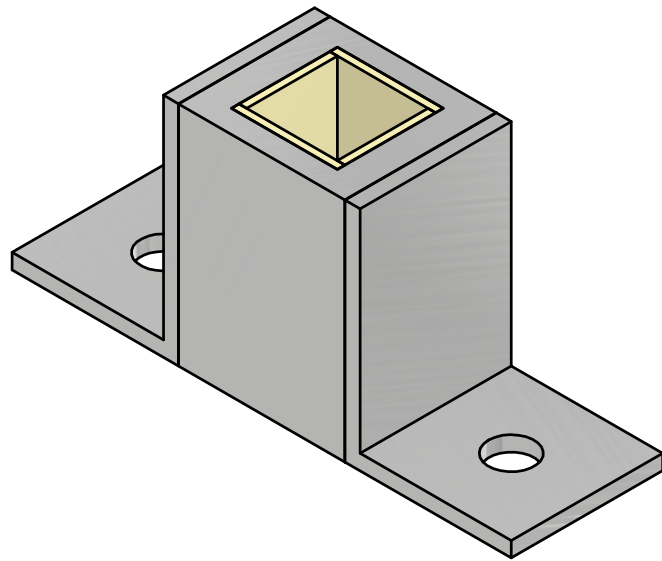



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	24-10-34 plate_del av brakett	Aluminium
2	1	24-10-35 firkantrør del av brakett	Aluminium
3	1	24-10-97 Brakett del 2	Aluminium
4	1	24-10-98 Stepperfeste del 1	Aluminium

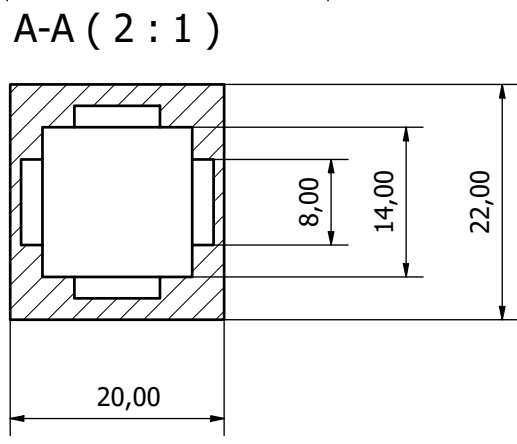
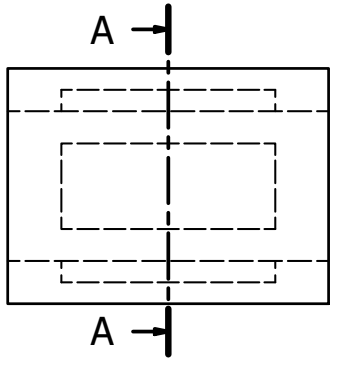
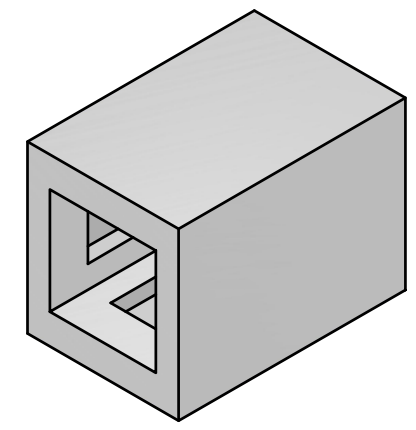
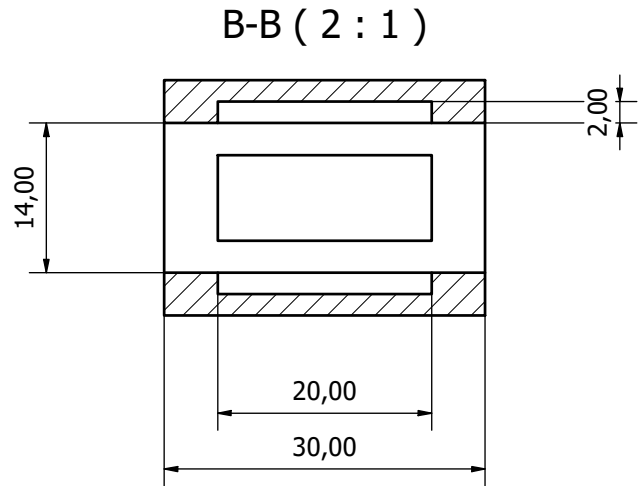
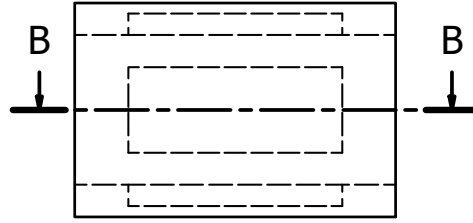
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			Stepper feste med stepper for belte		
24-1-15			Edition	Sheet 1 / 1	



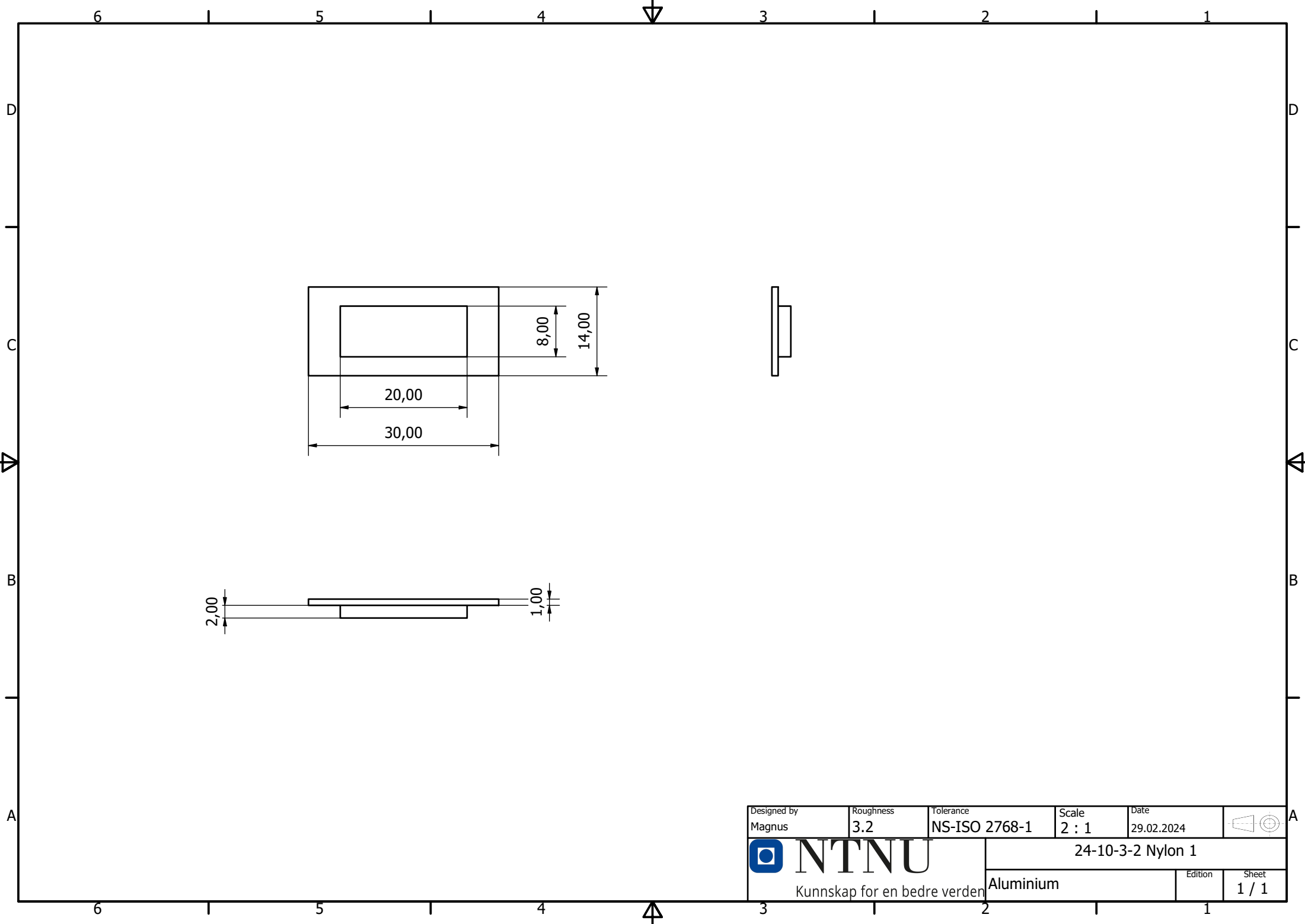
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 29.02.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-2 Sidebraketter		
			24-10-2 Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



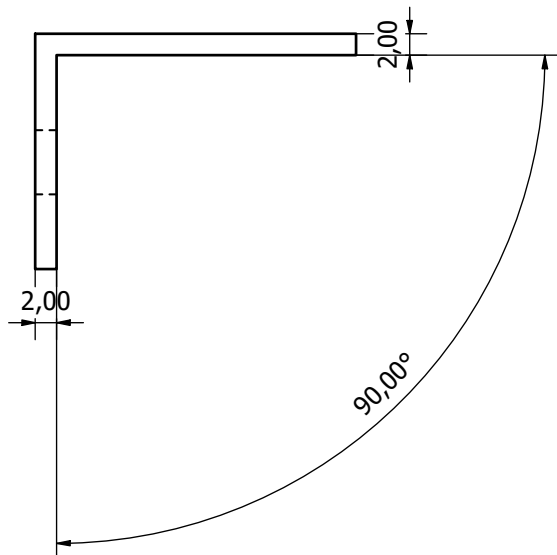
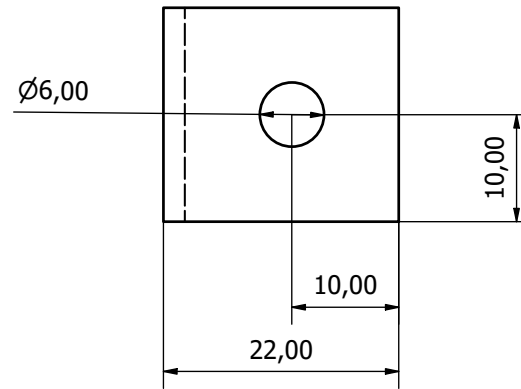
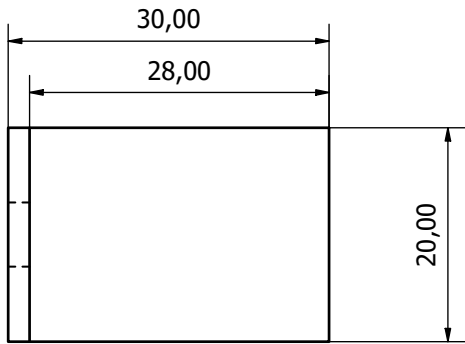
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	24-10-3-1	Aluminium
2	2	24-10-3-3	Aluminium
3	2	24-10-3-2 Nylon 1	Nylon PA6
4	2	24-10-3-4 Nylon 2	Nylon PA6
Designed by Magnus		Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1
		Scale 2 : 1	Date 29.02.2024
 NTNU Kunnskap for en bedre verden		24-10-3 Sammensetting føring firkantaksling	
		24-10-3	Edition Sheet 1 / 1



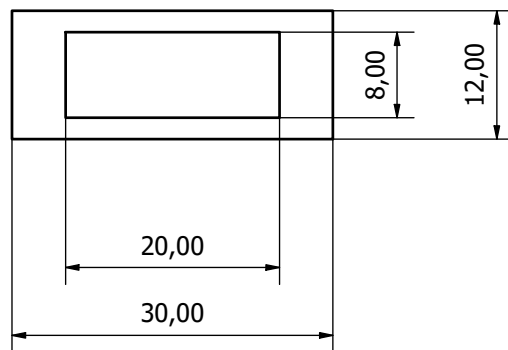
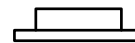
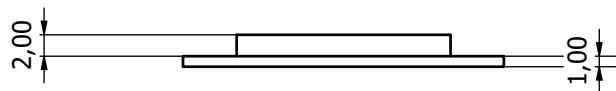
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 29.02.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-3-1 Hovukropp		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



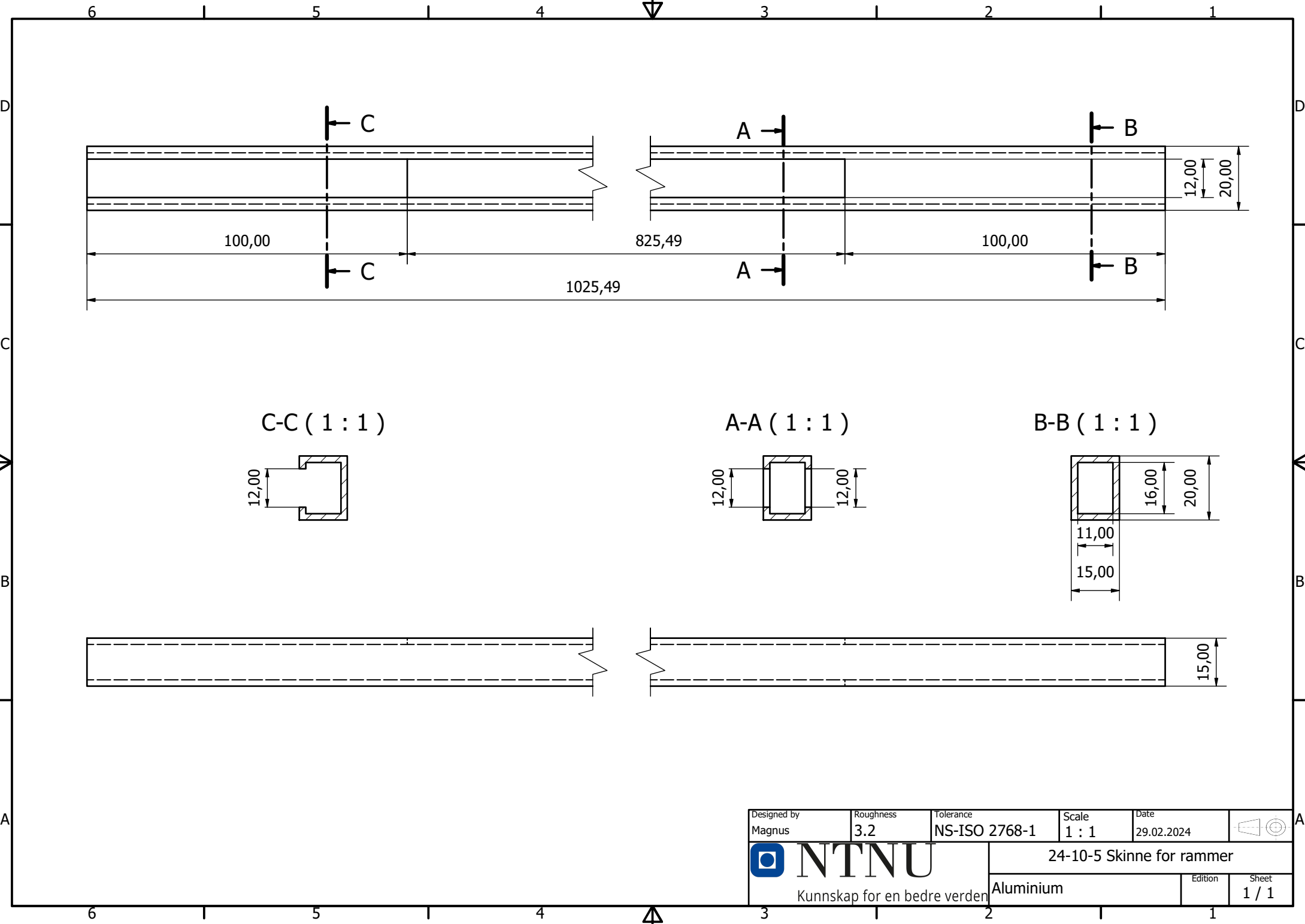
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 29.02.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden		24-10-3-2 Nylon 1			
		Aluminium	Edition	Sheet	1 / 1



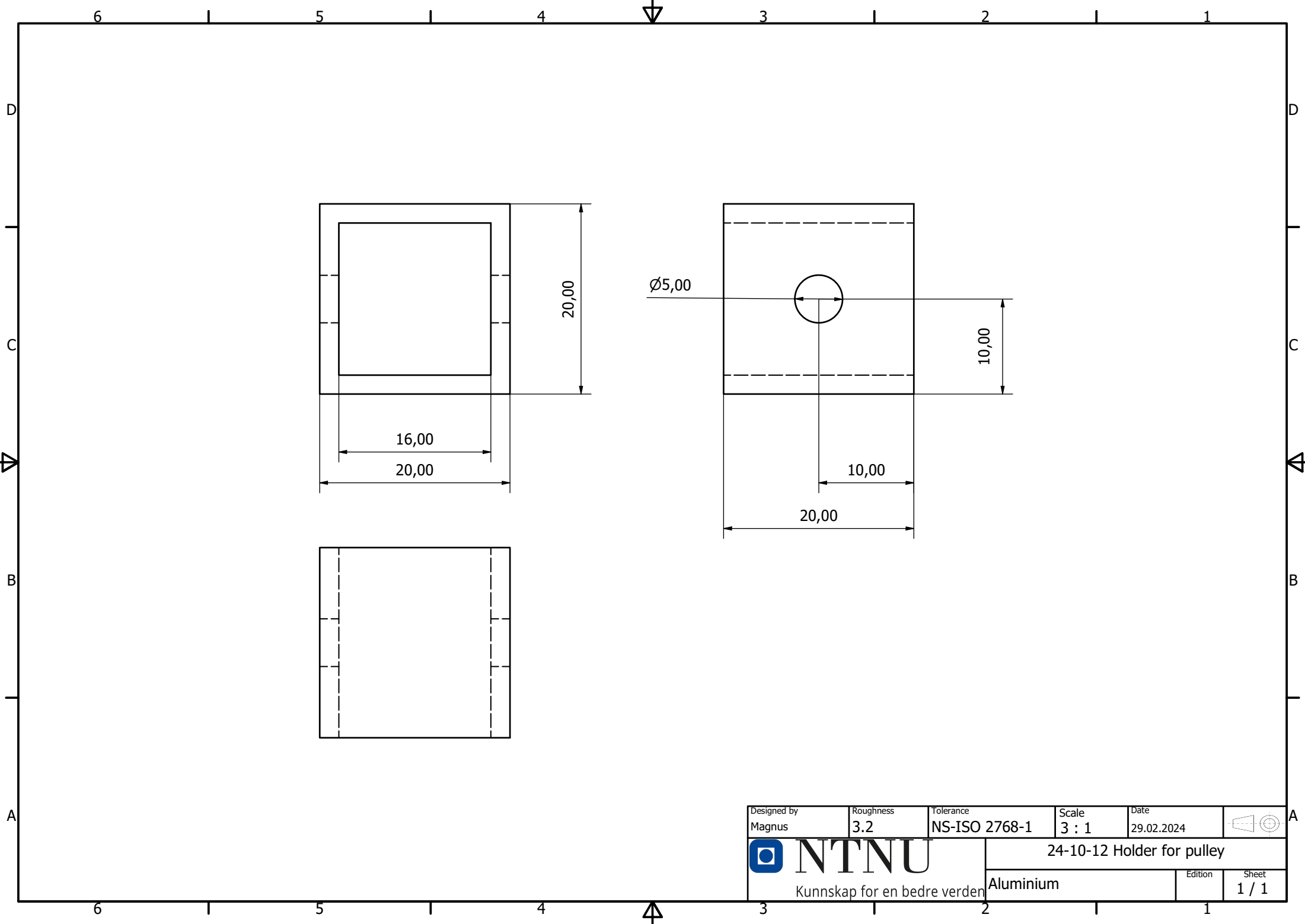
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 29.02.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden		24-10-3-3 Sidebraketter			
		Aluminium	Edition	Sheet	1 / 1



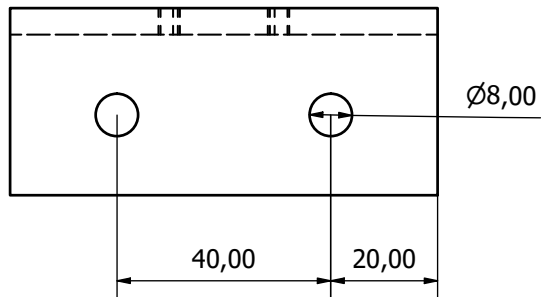
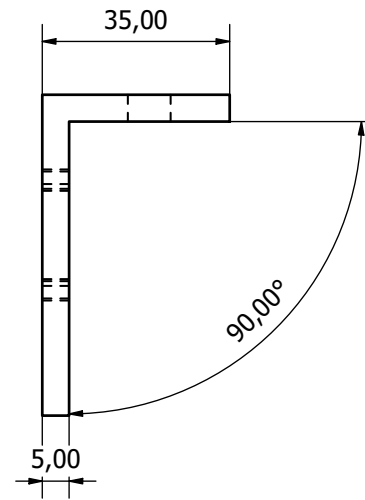
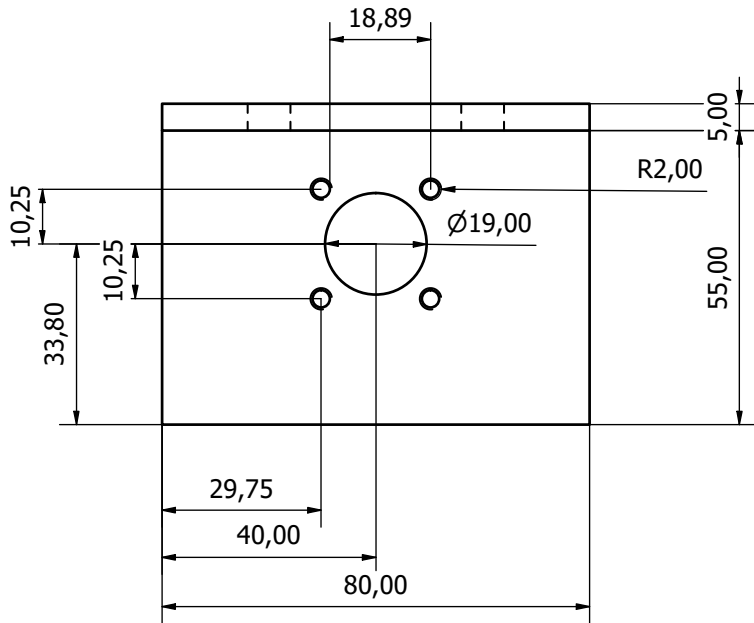
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 29.02.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden		24-10-3-4 Nylon 2			
		Nylon PA6	Edition	Sheet	1 / 1



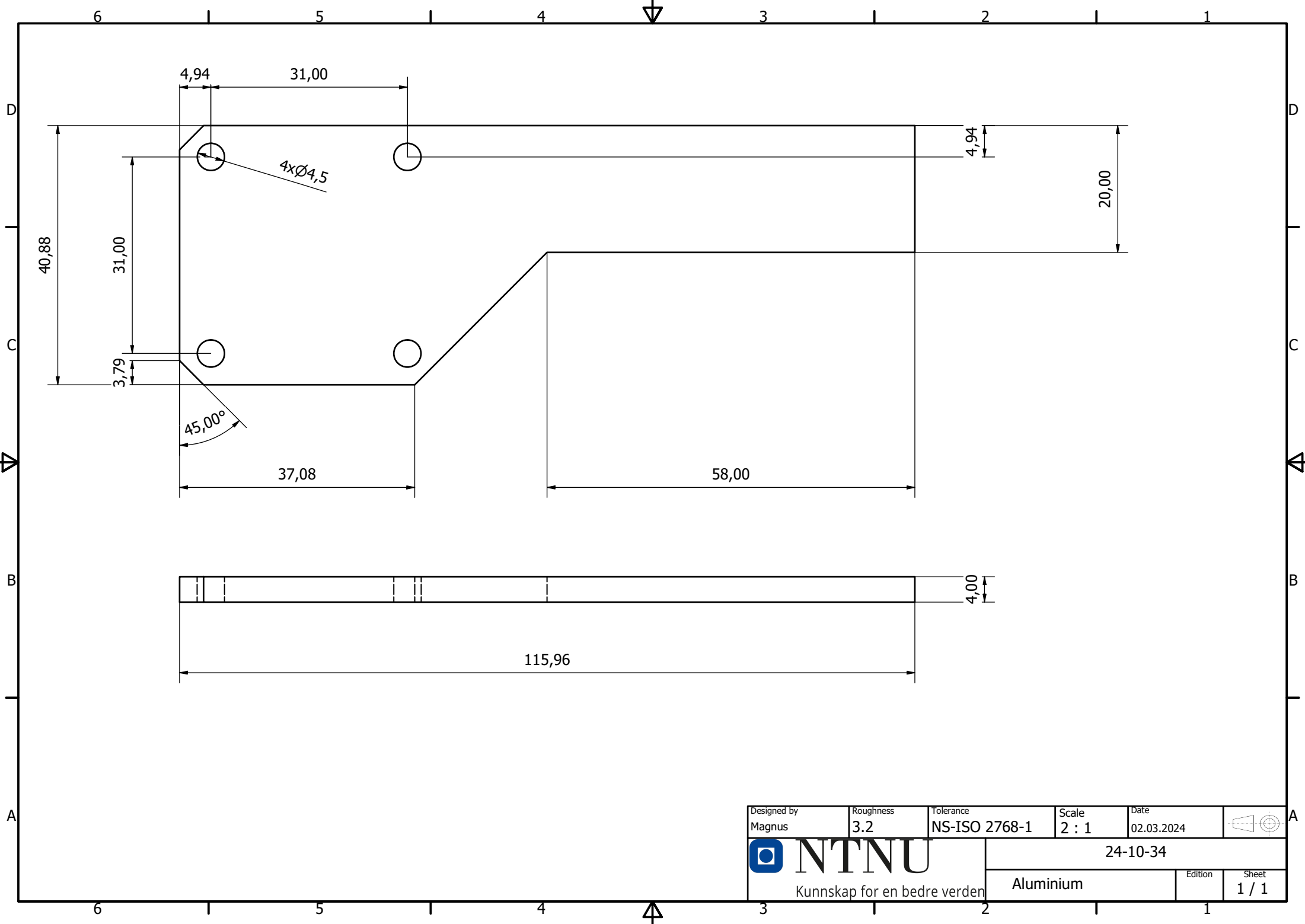
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 29.02.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-5 Skinne for rammer		
Aluminium				Edition	Sheet 1 / 1



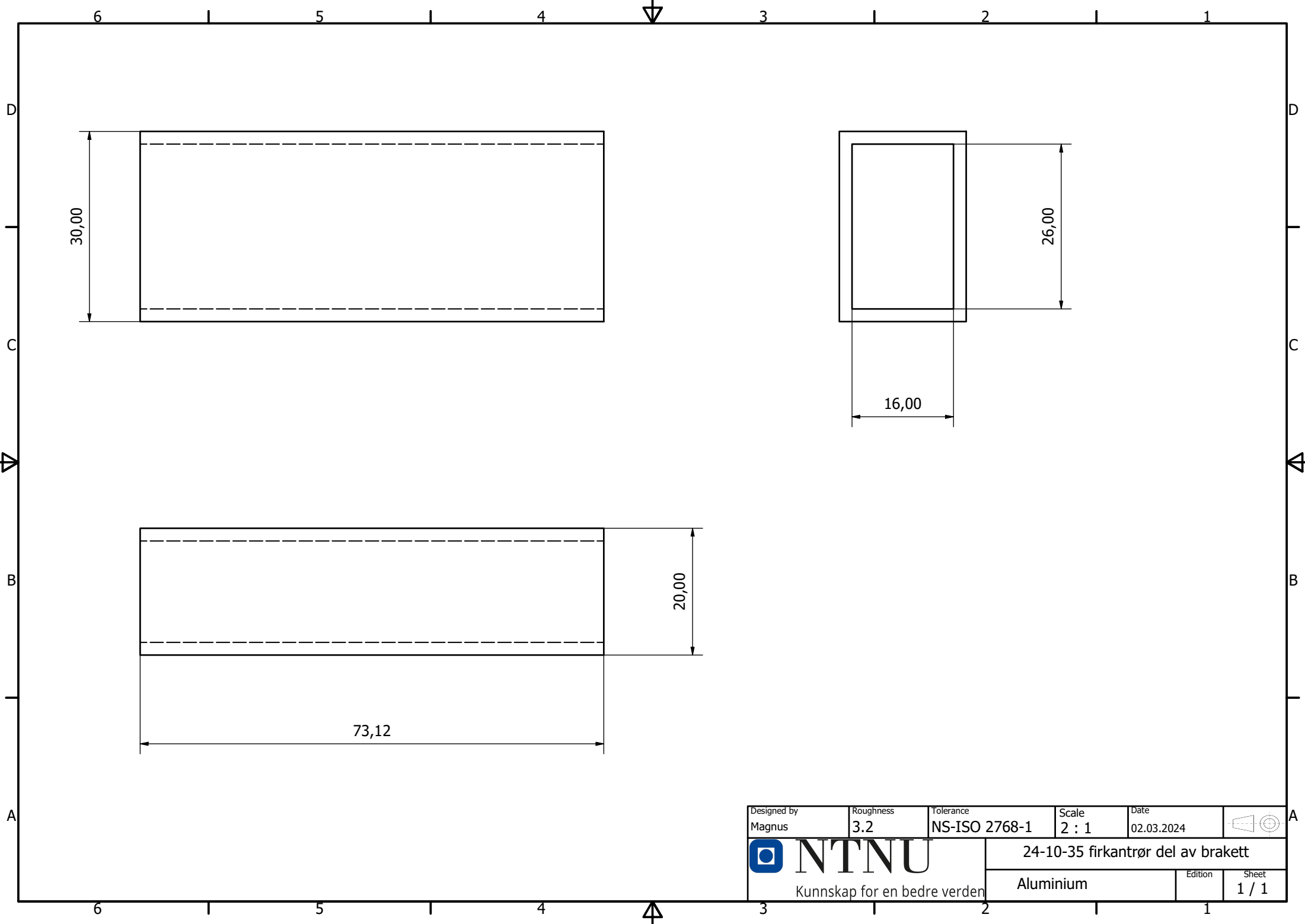
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 3 : 1	Date 29.02.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-12 Holder for pulley		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



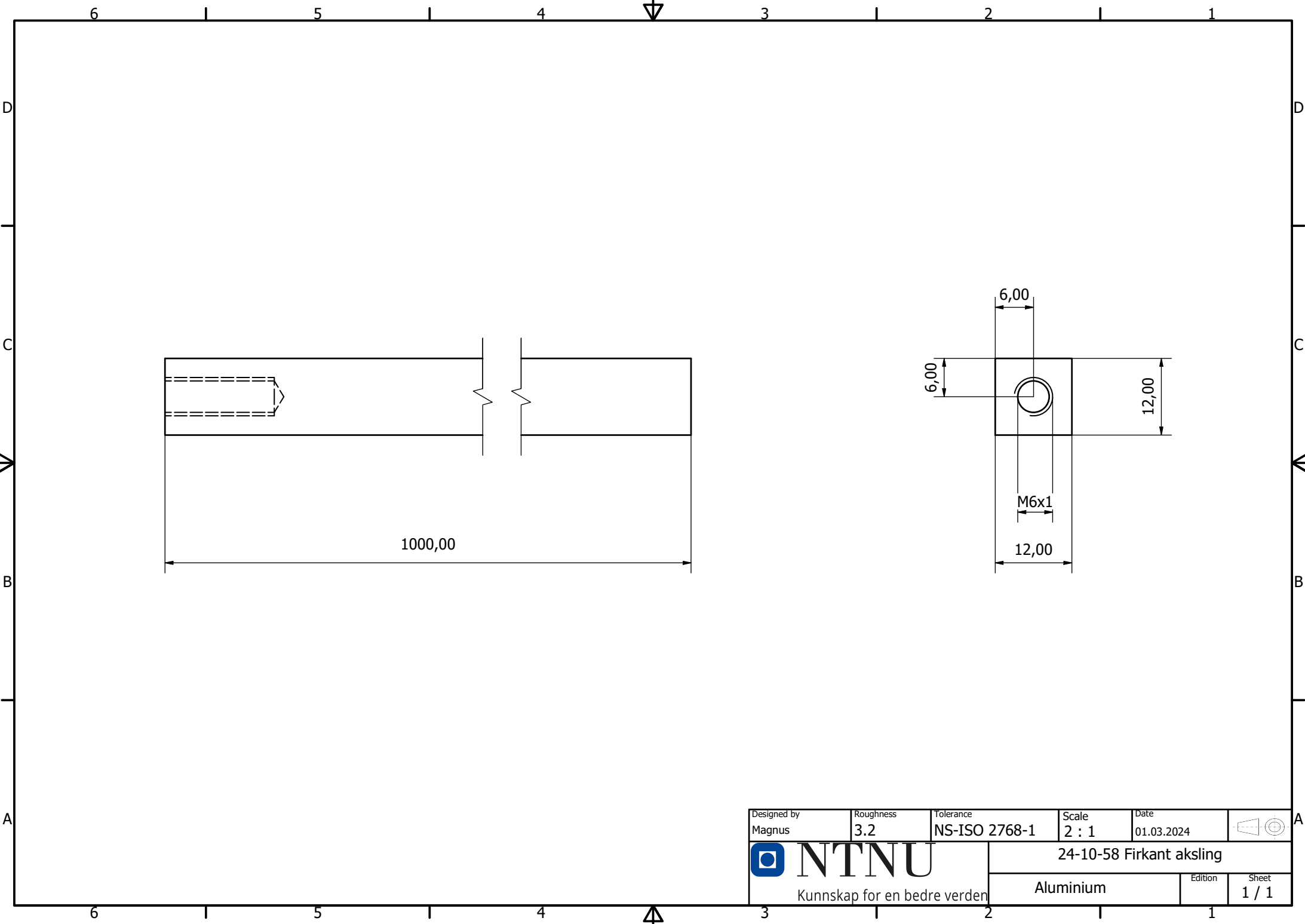
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 01.03.2024	
 Kunnskap for en bedre verden		24-10-33 Brakett for endelager			
		Aluminium	Edition	Sheet	1 / 1




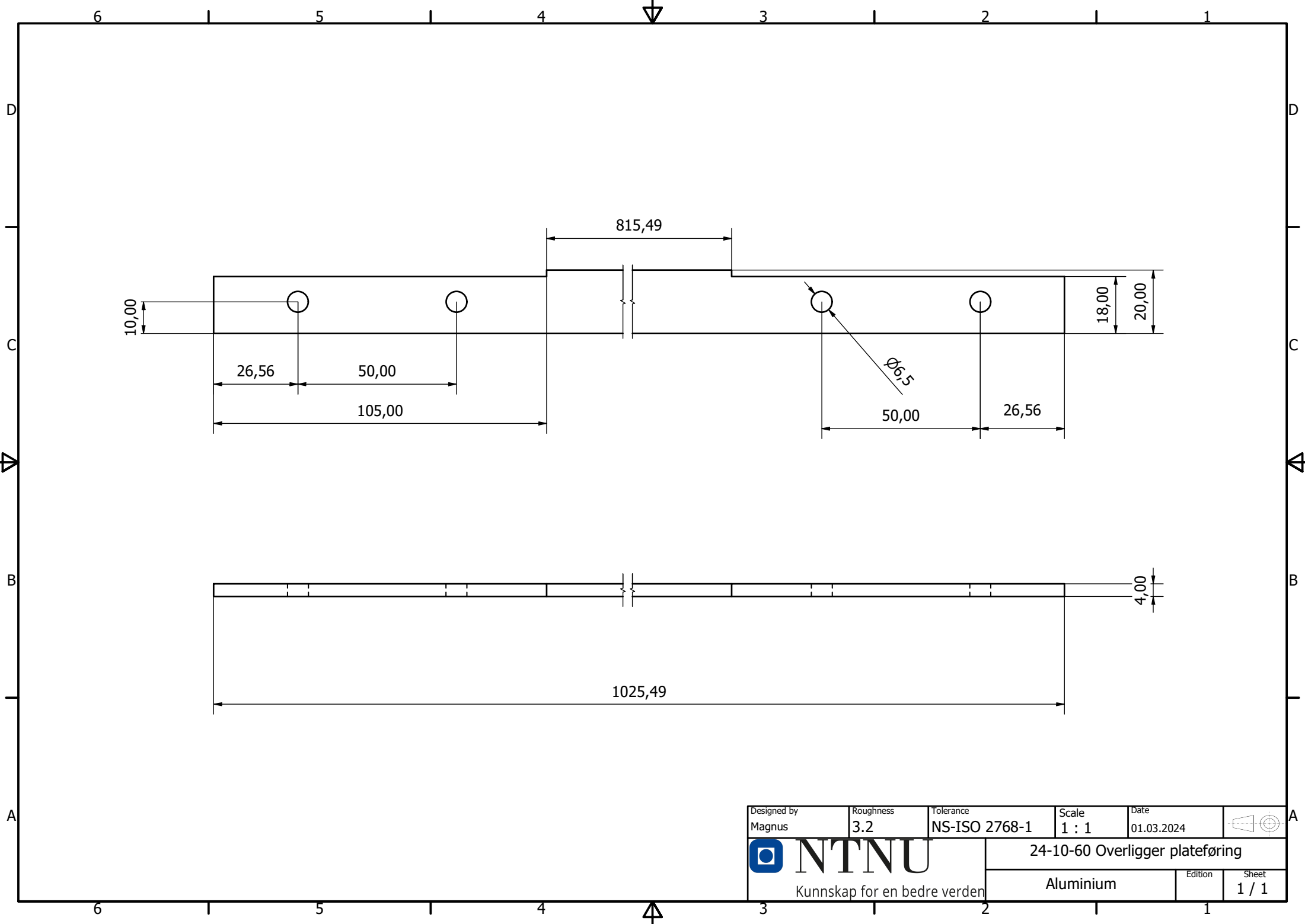
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-34		
Aluminium			Edition	Sheet	
				1 / 1	



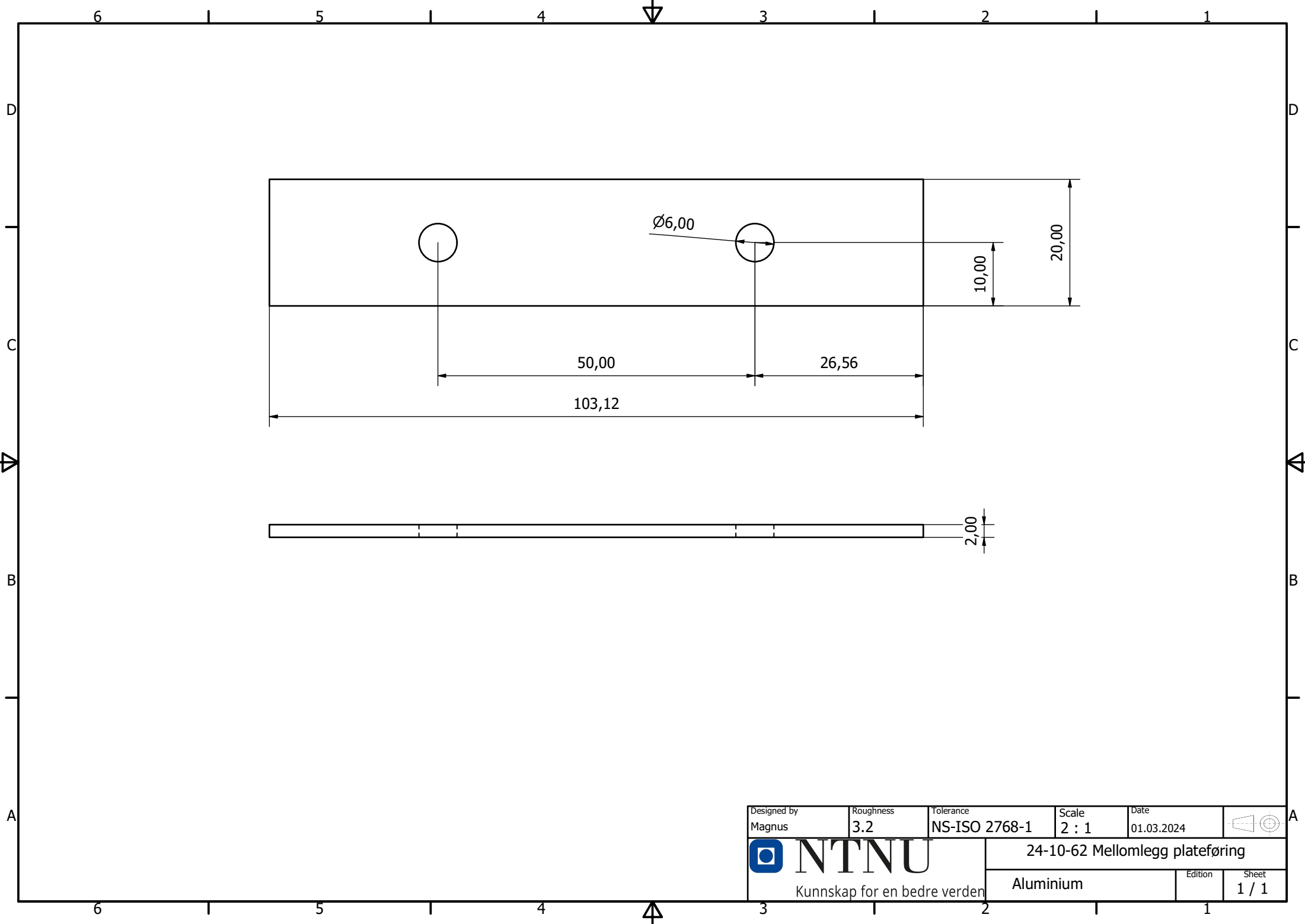
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-35 firkantrør del av brakett		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



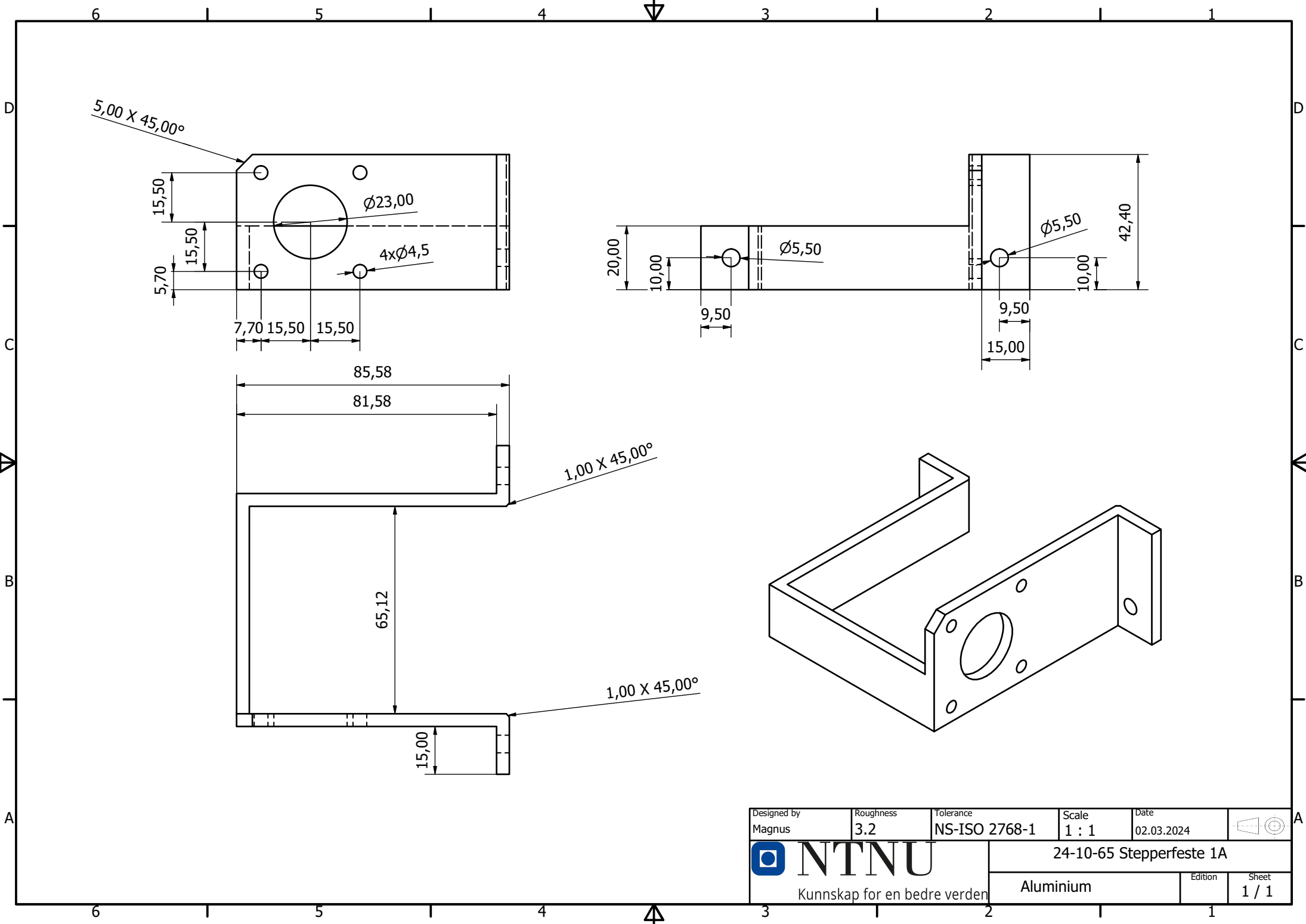
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 01.03.2024	
 NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-58 Firkant aksling		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



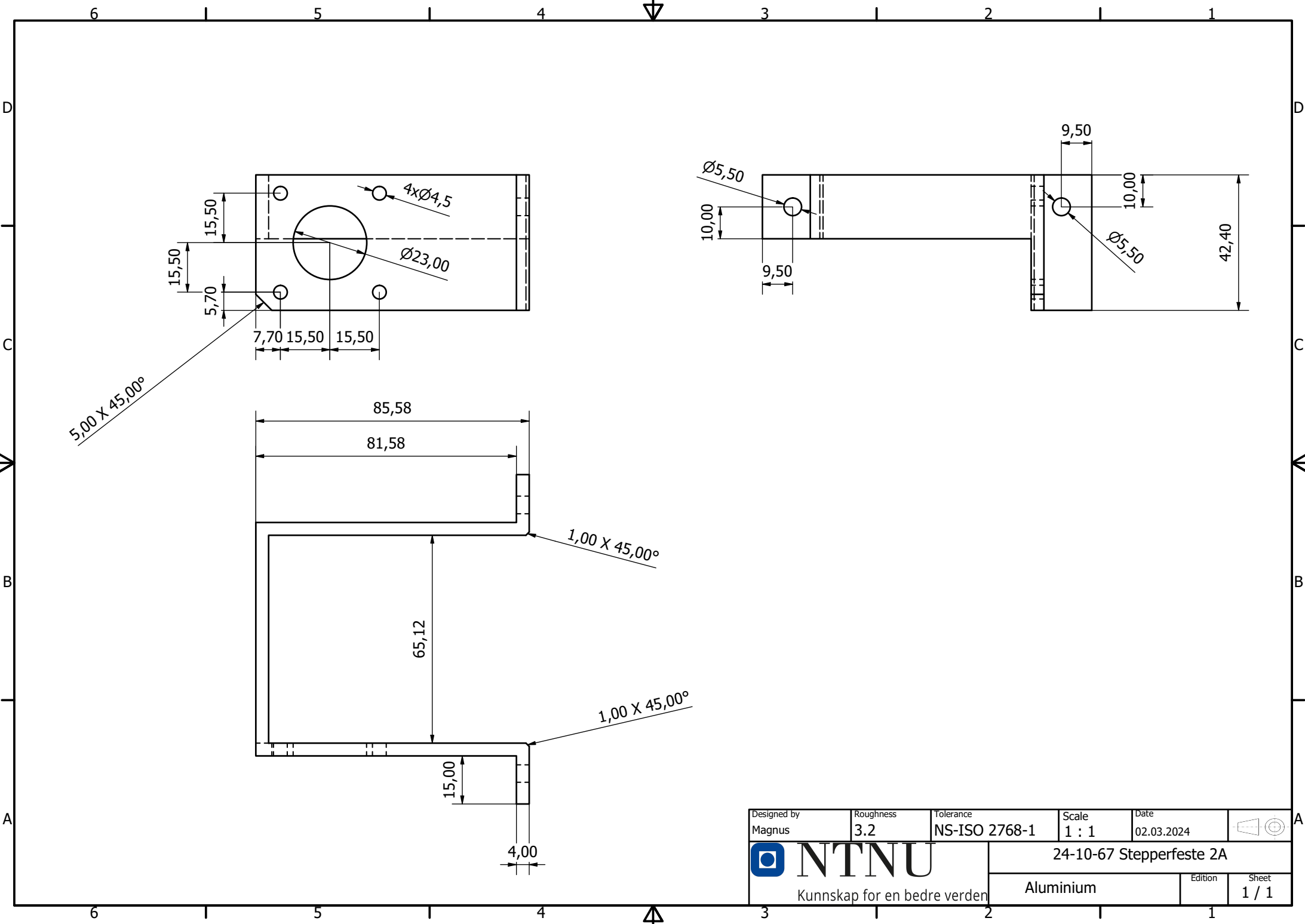
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 01.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-60 Overligger plateføring		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



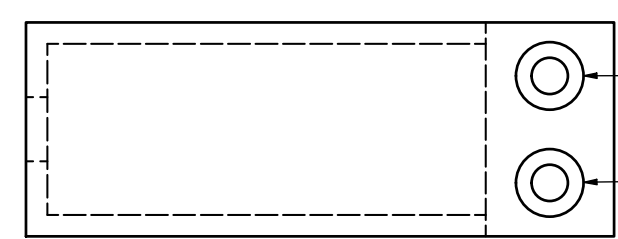
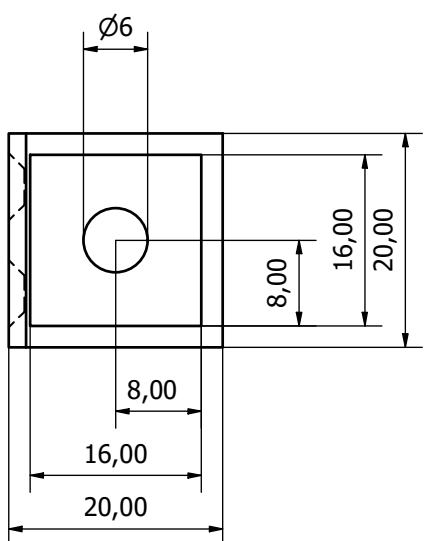
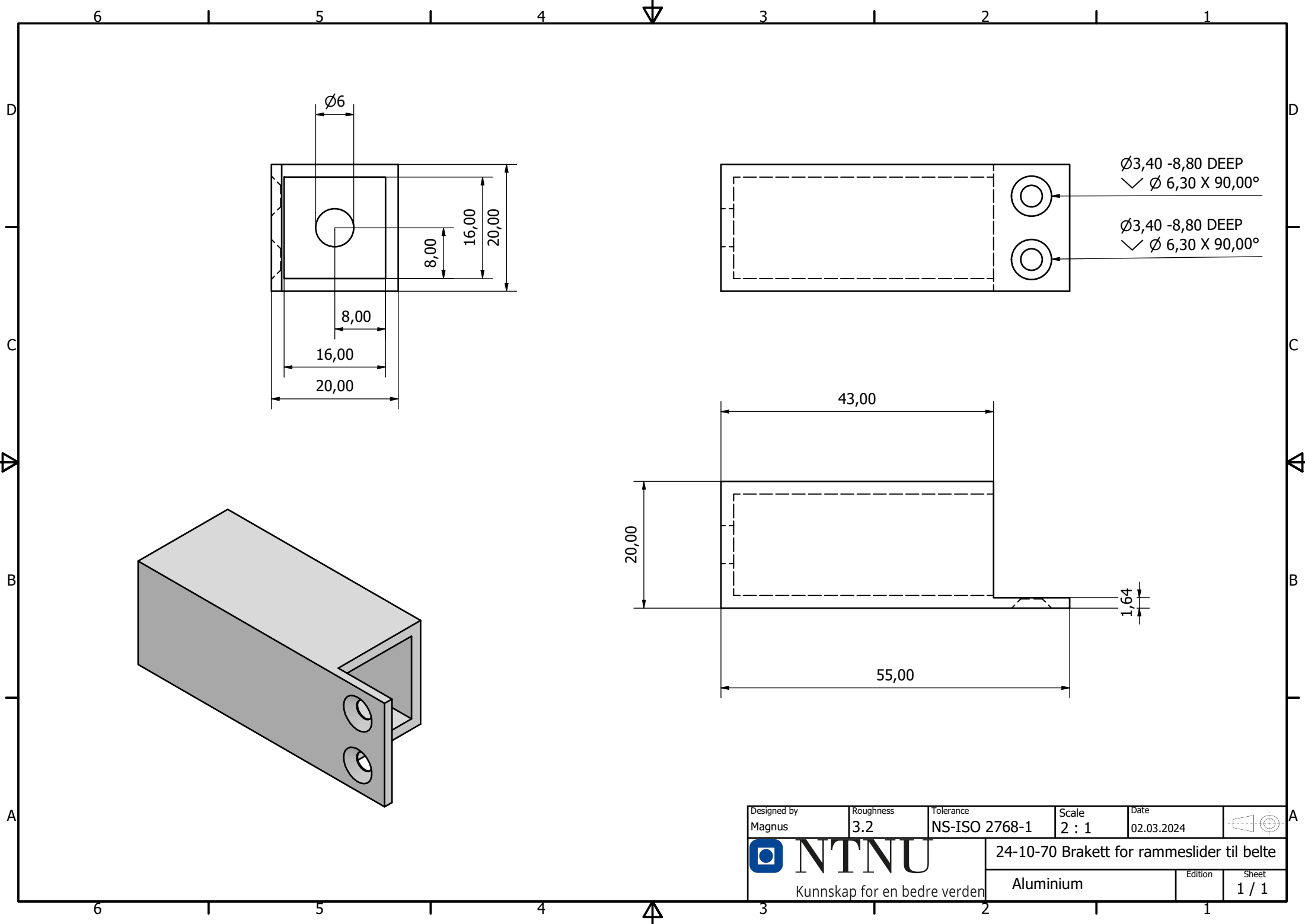
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 01.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-62 Mellomlegg plateføring		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-65 Stepperfeste 1A		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1

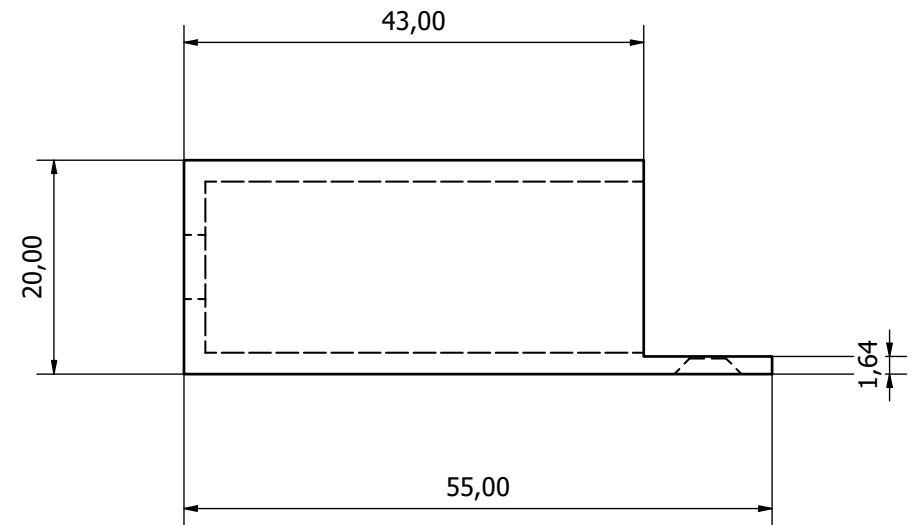
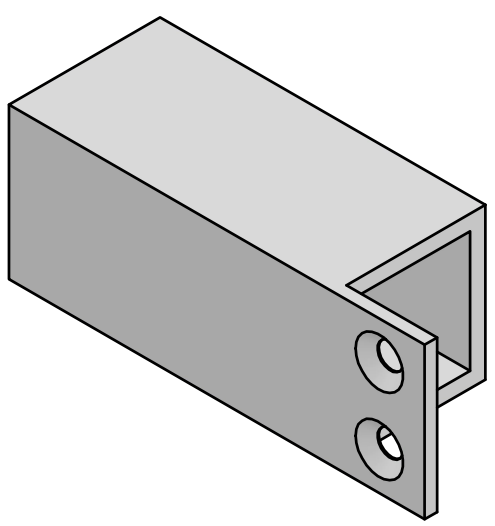


Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-67 Stepperfeste 2A		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1

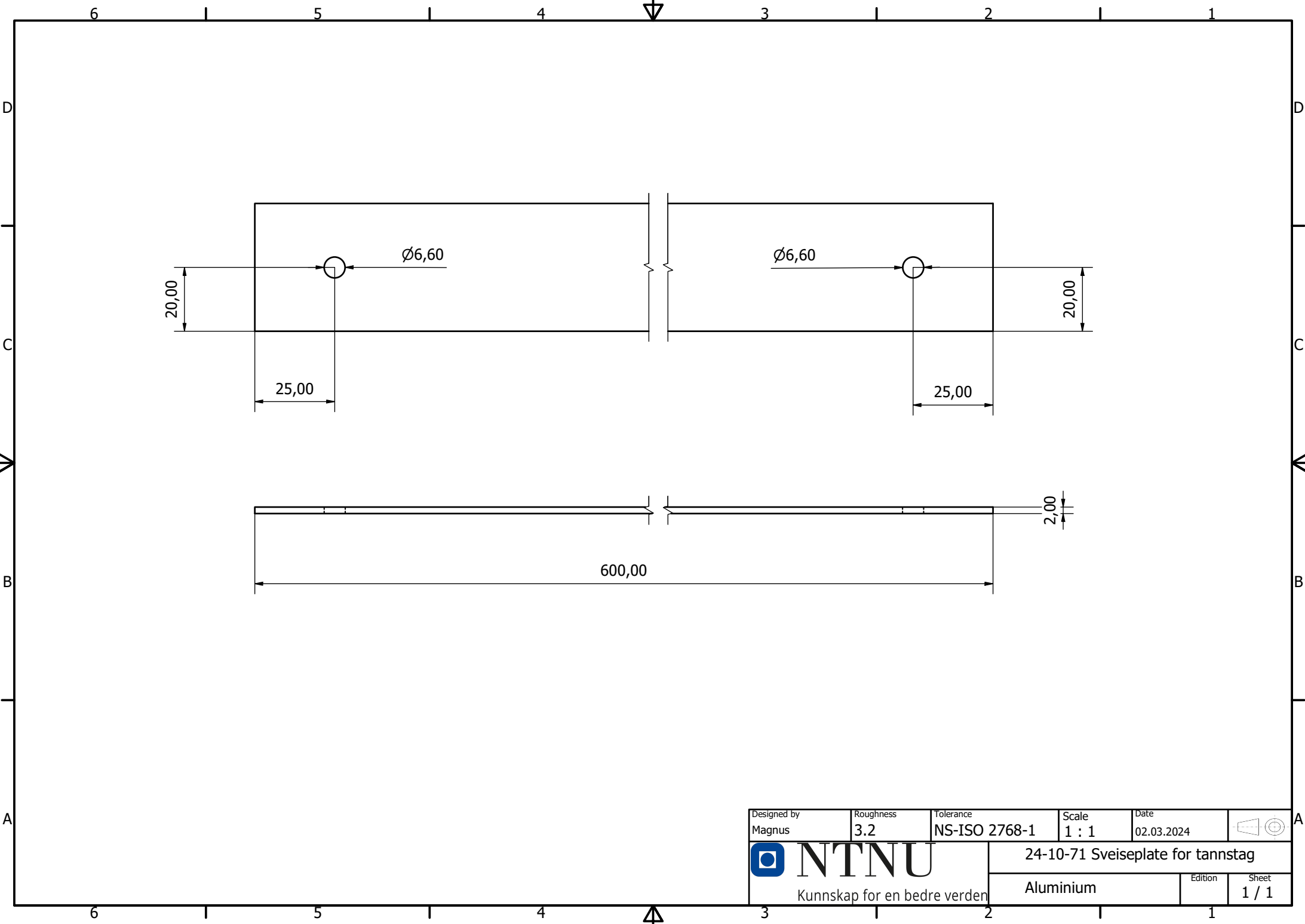


Ø3,40 -8,80 DEEP
 √ Ø 6,30 X 90,00°

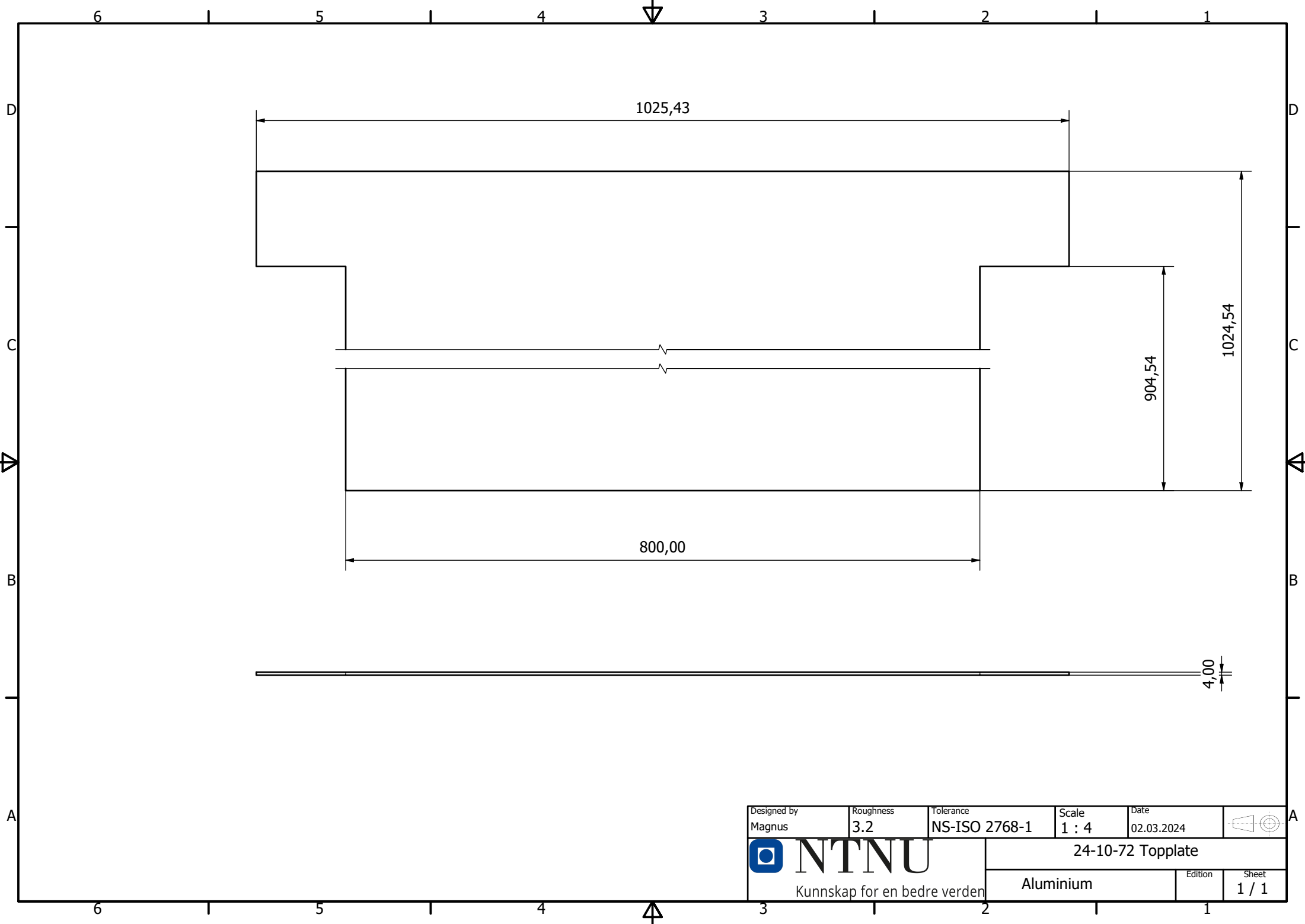
Ø3,40 -8,80 DEEP
 √ Ø 6,30 X 90,00°



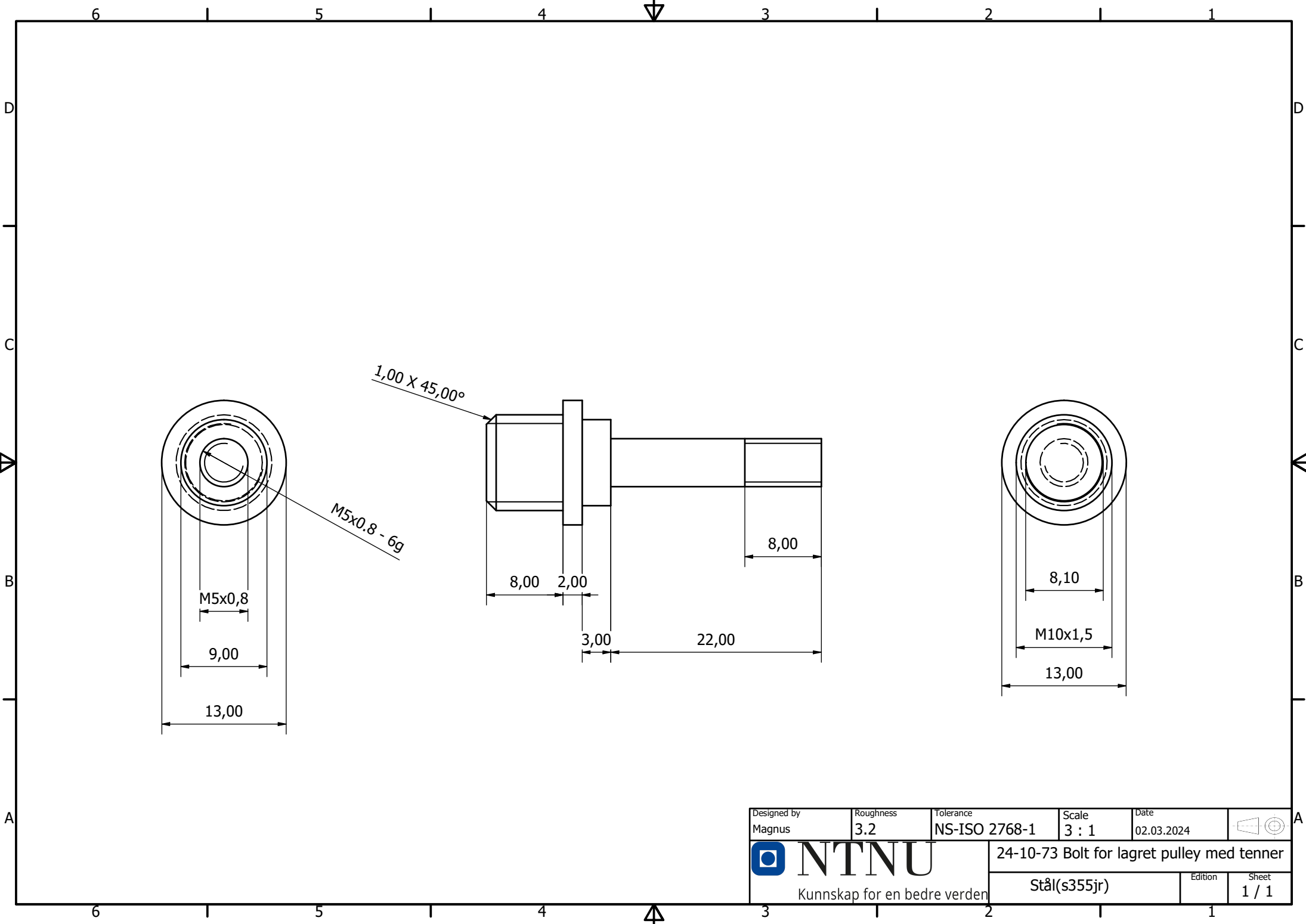
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-70 Brakett for rammeslides til belte		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



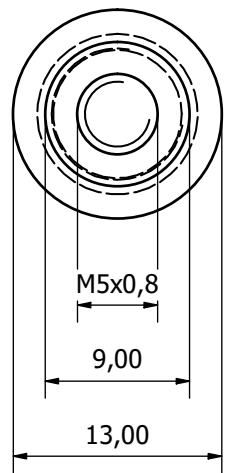
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-71 Sveiseplate for tannstag		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



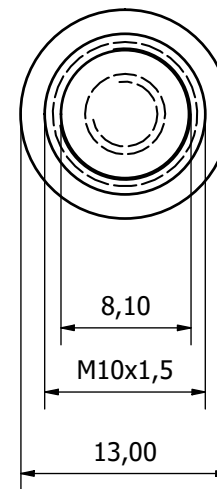
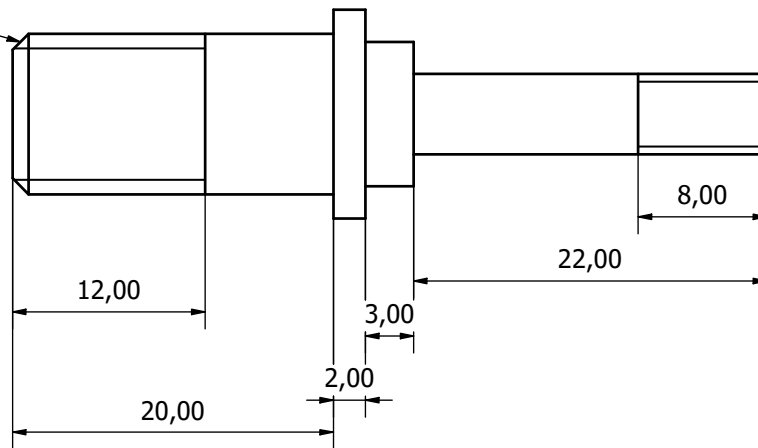
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 4	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-72 Topplate		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



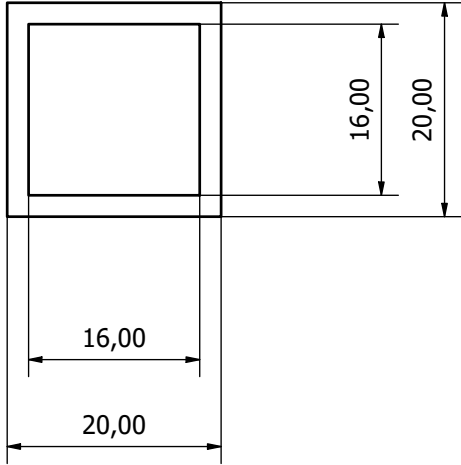
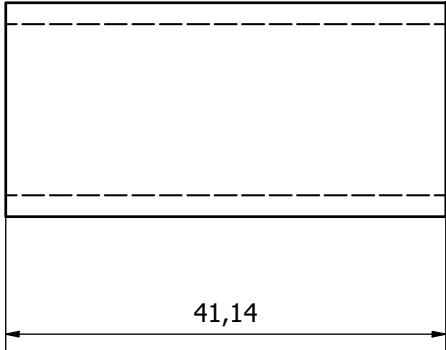
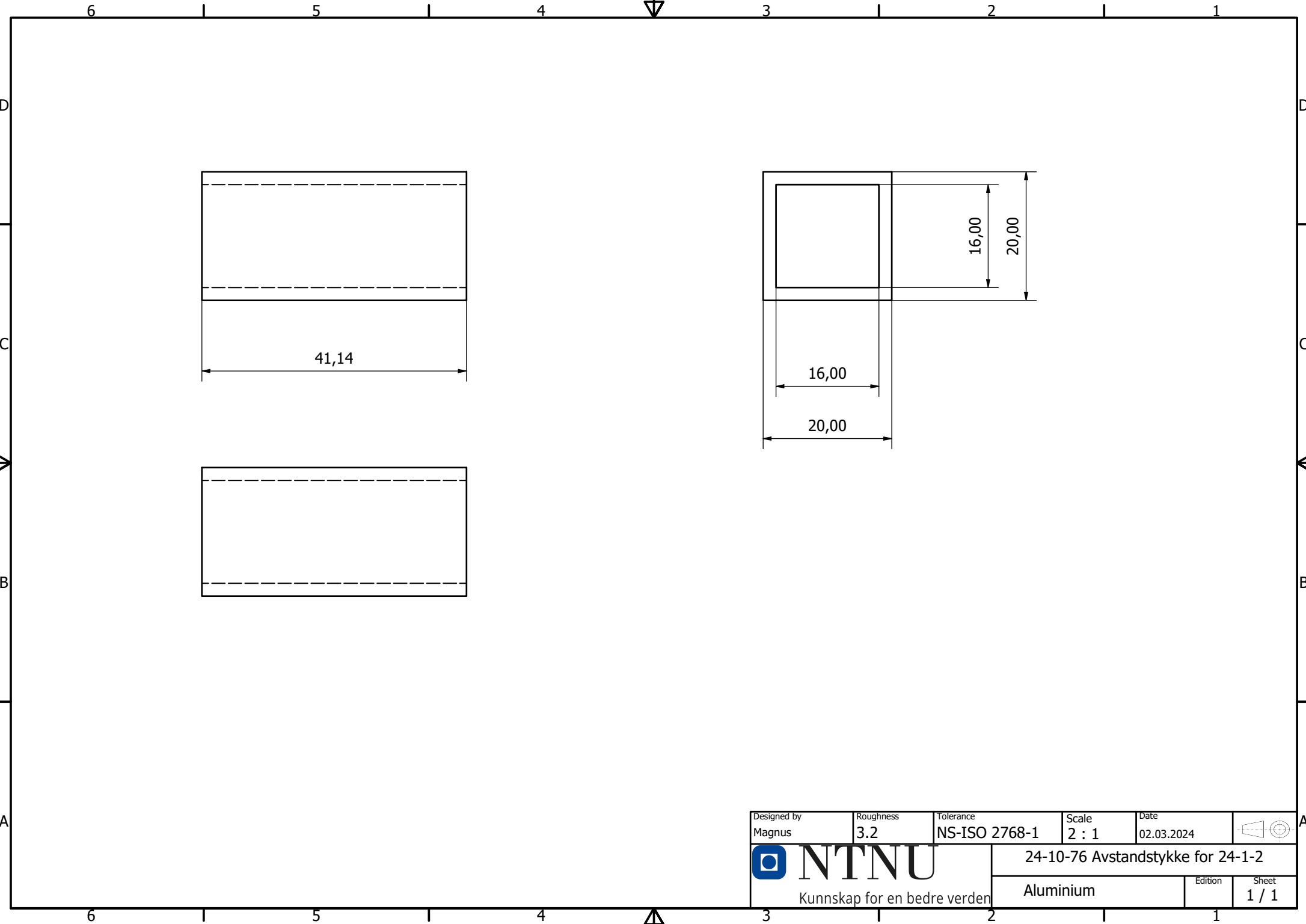
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 3 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-73 Bolt for lagret pulley med tenner		
Stål(s355jr)			Edition	Sheet 1 / 1	



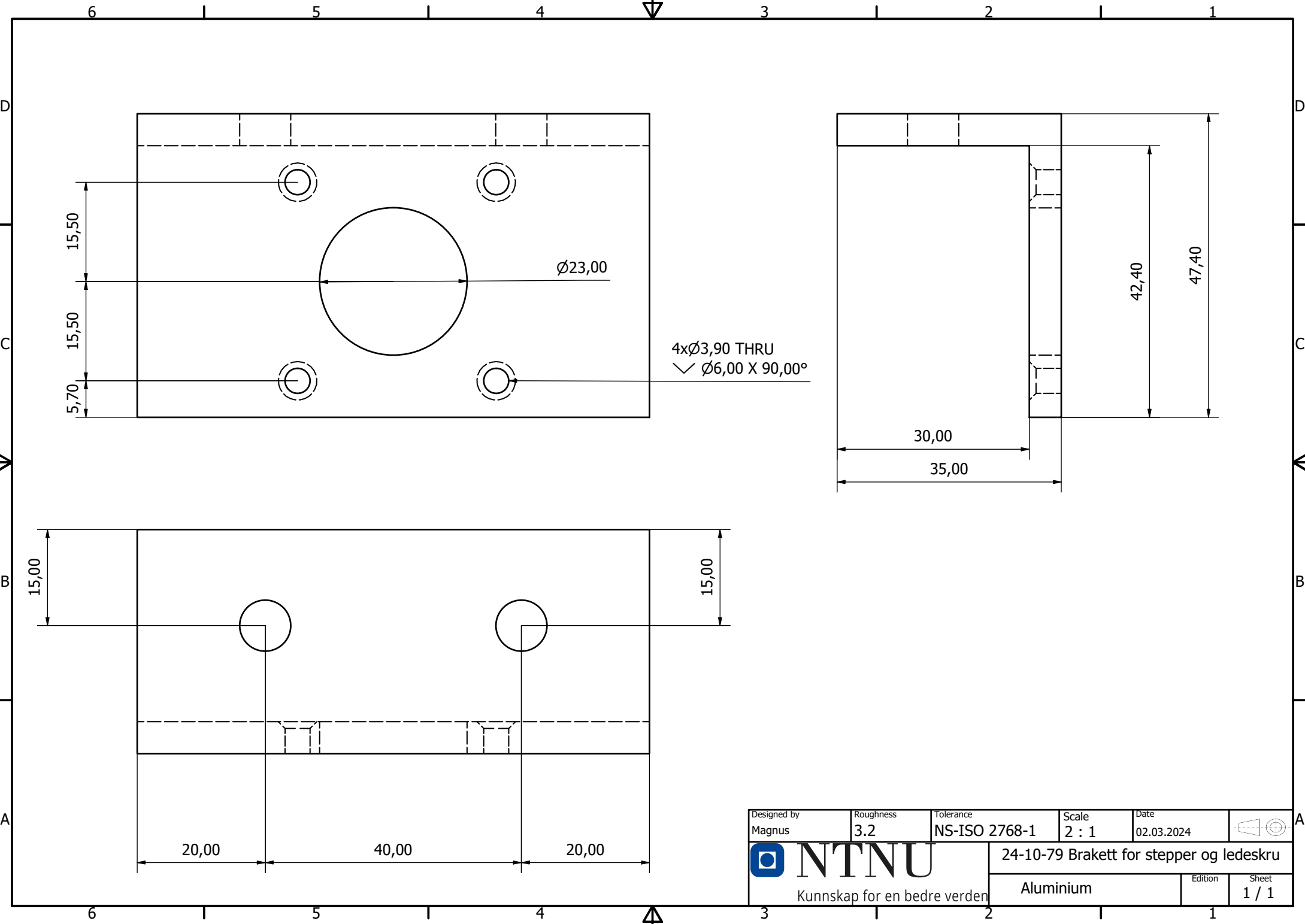
1,00 X 45,00°



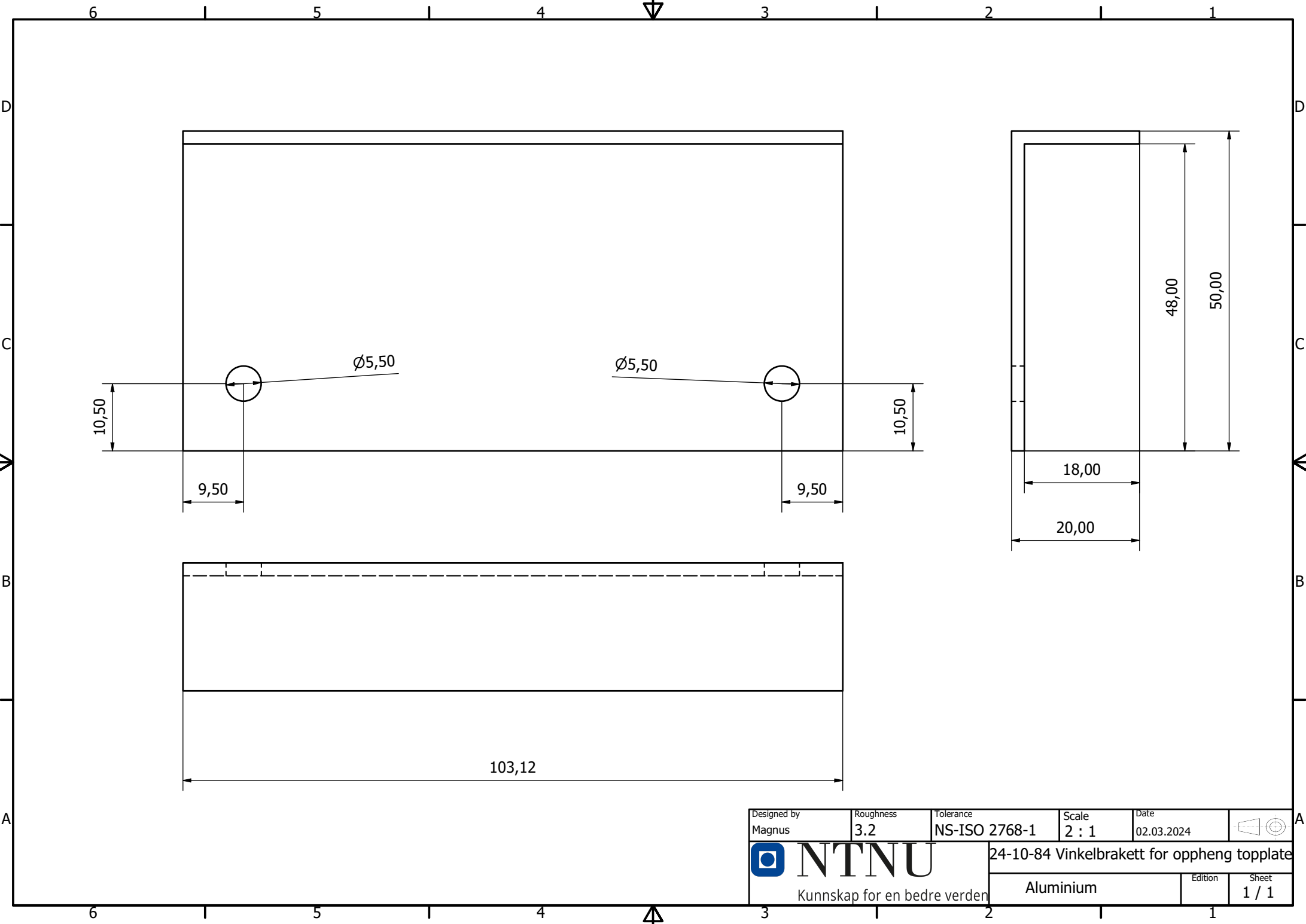
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 3 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-74 Bolt for lagret pulley uten tenner		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



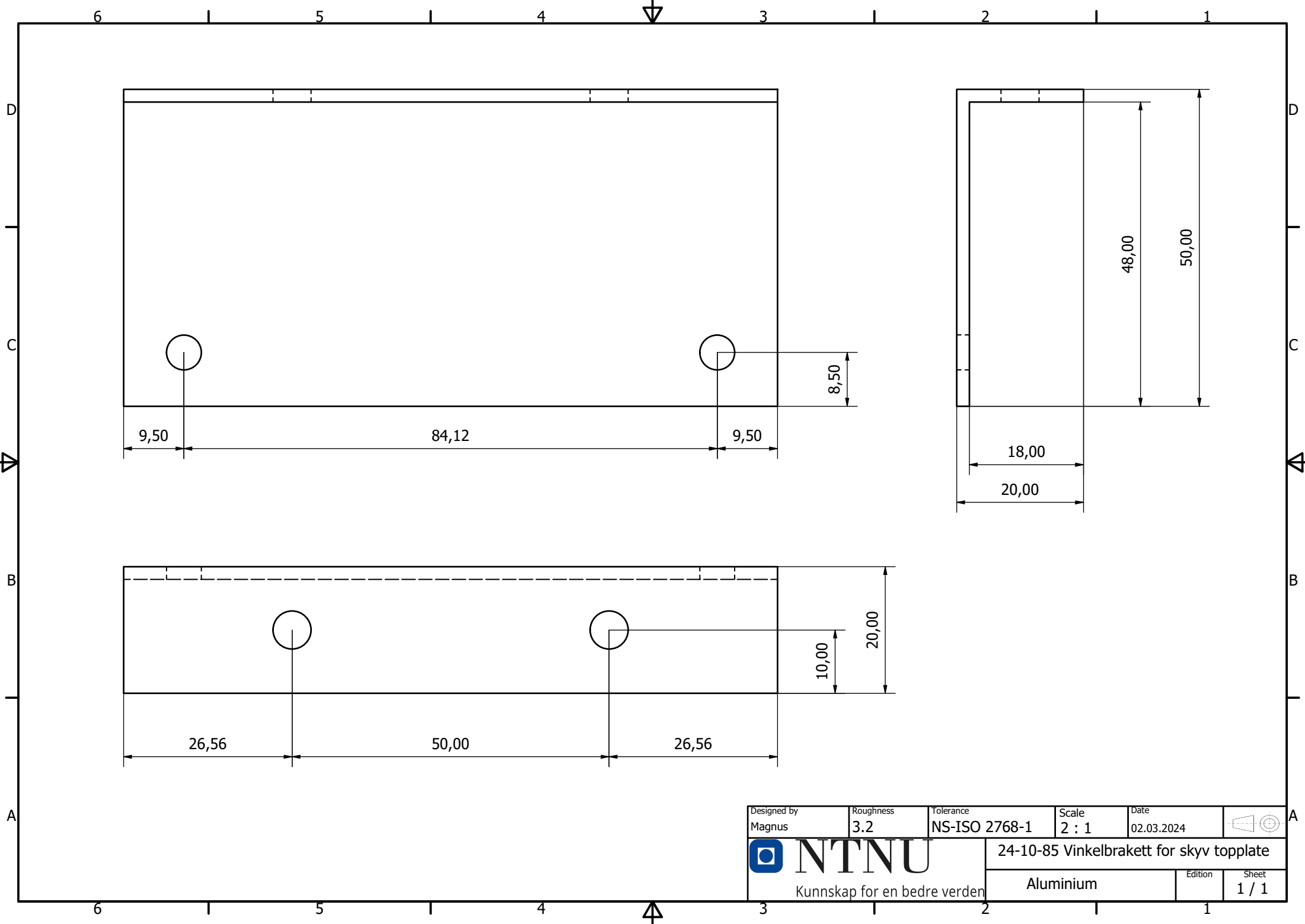
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-76 Avstandstykke for 24-1-2		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



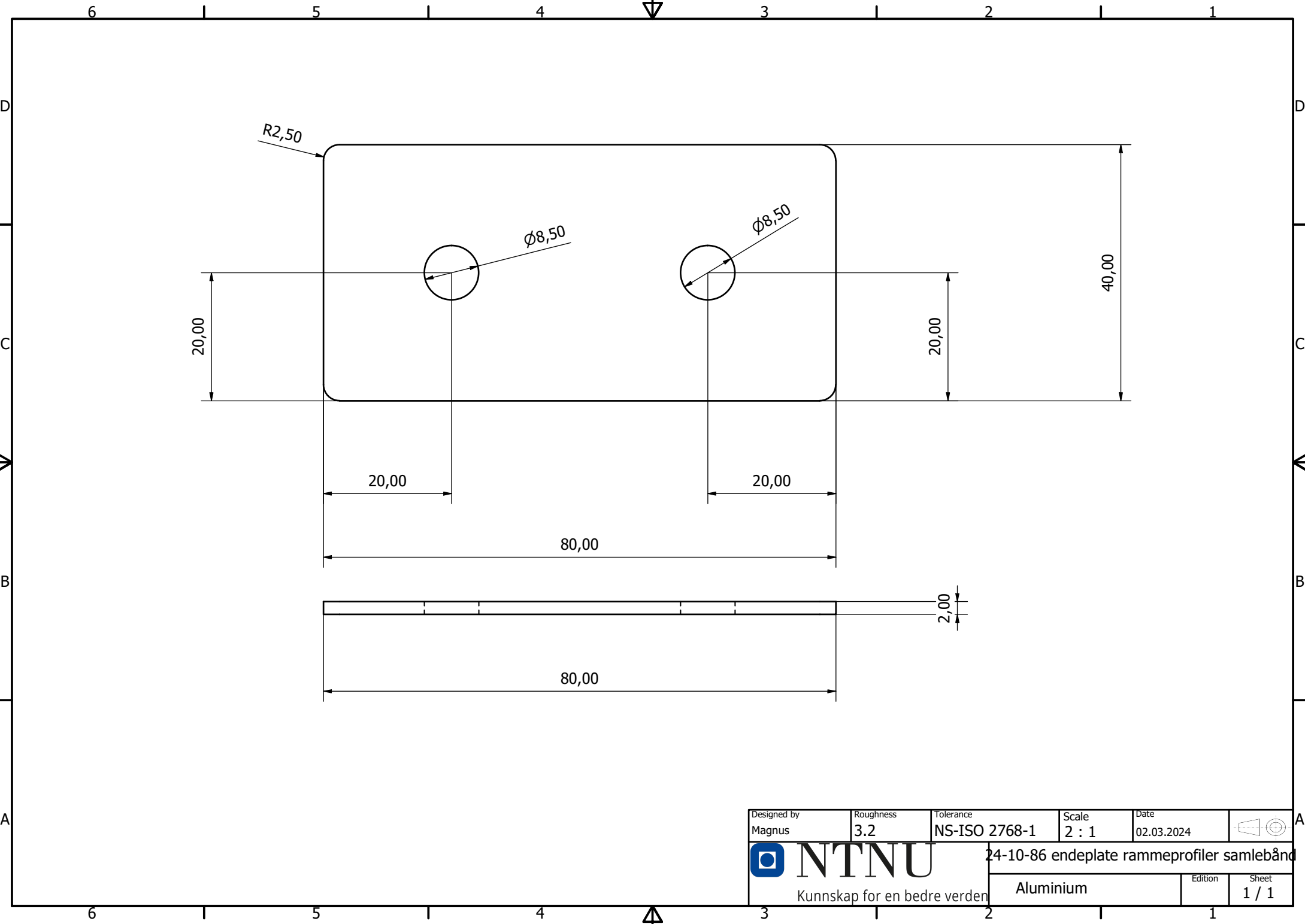
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-79 Brakett for stepper og ledeskru		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



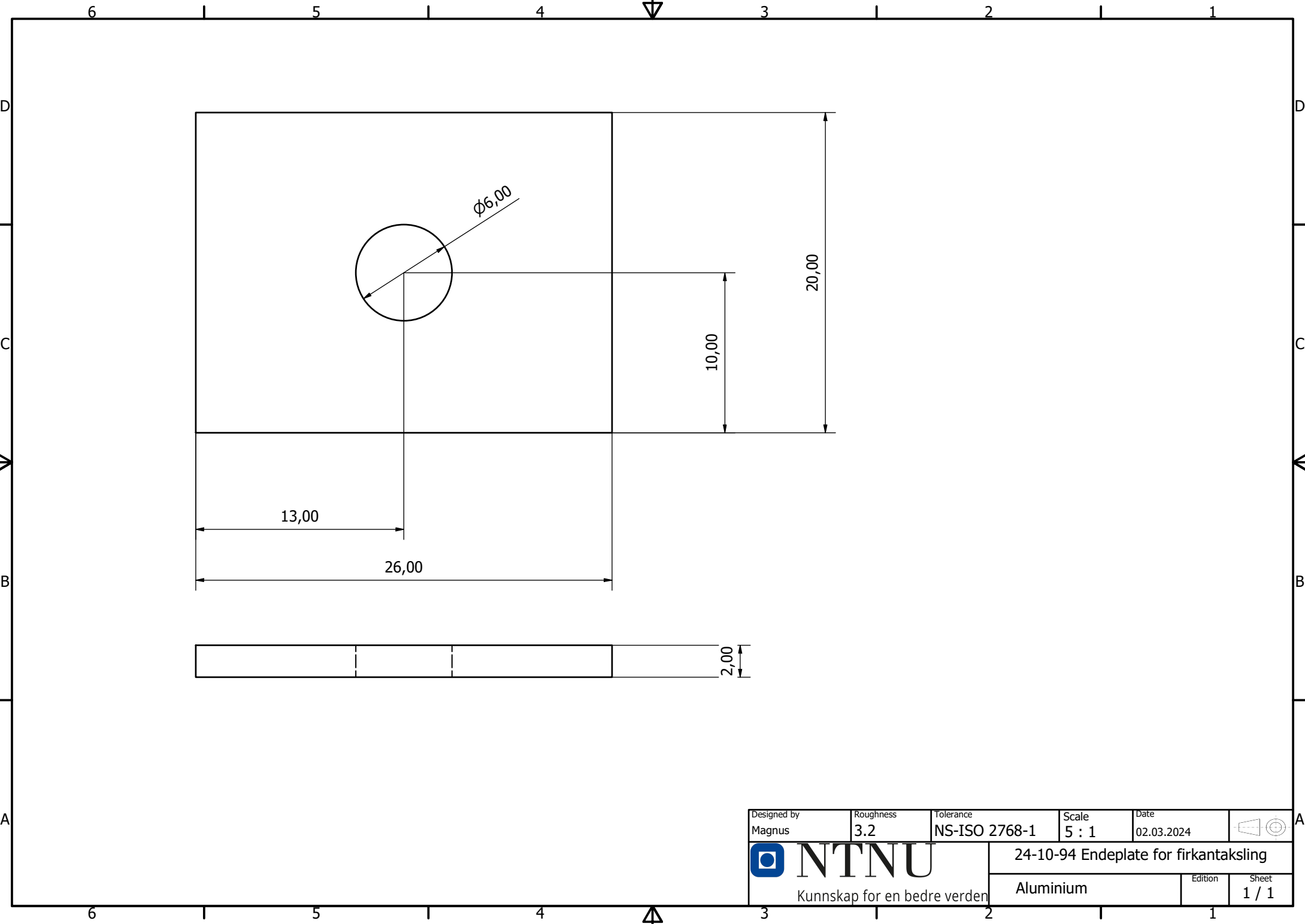
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-84 Vinkelbrakett for oppheng topplate		
Aluminium			Edition	Sheet 1 / 1	



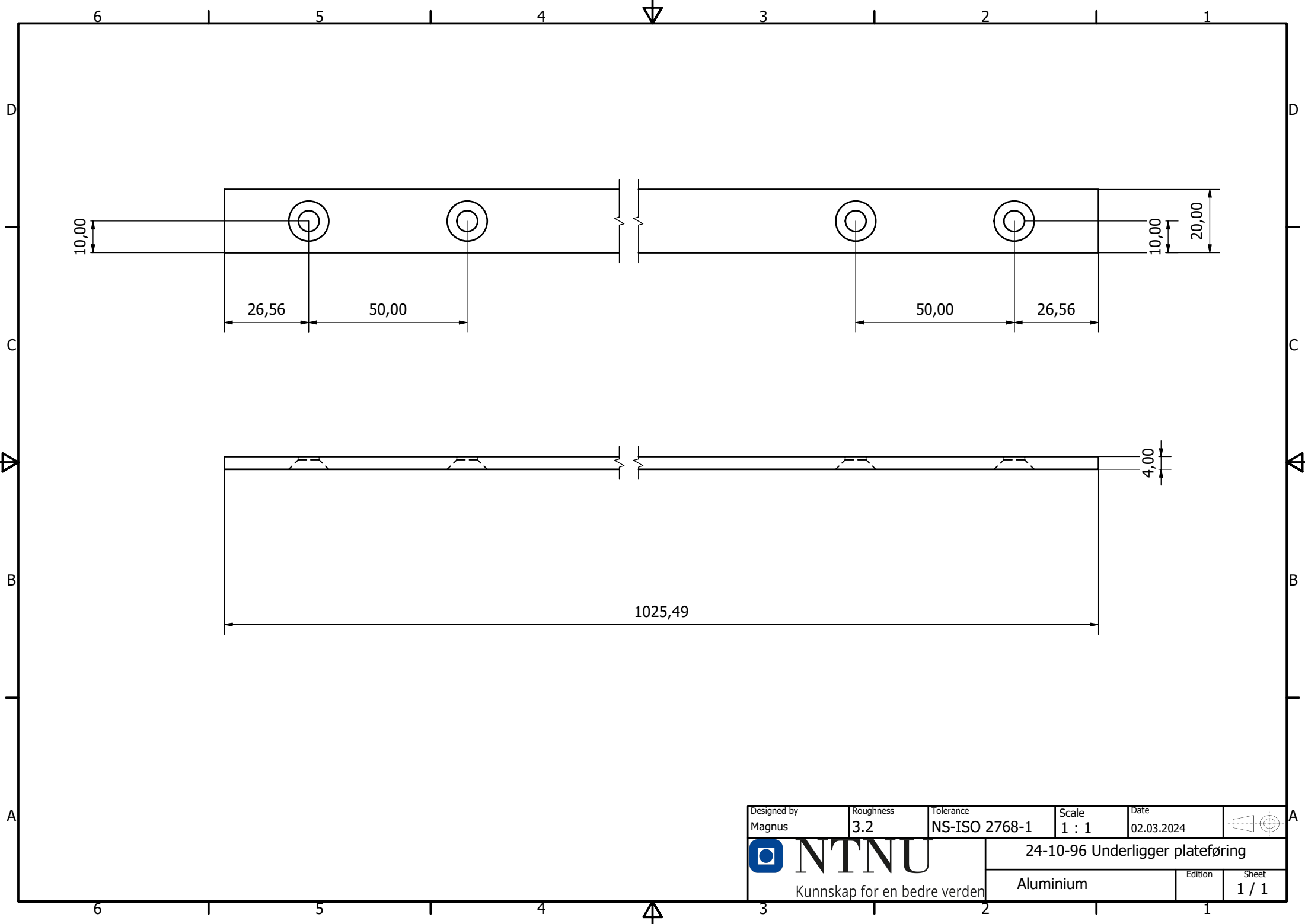
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-85 Vinkelbrakett for skyv topplate		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



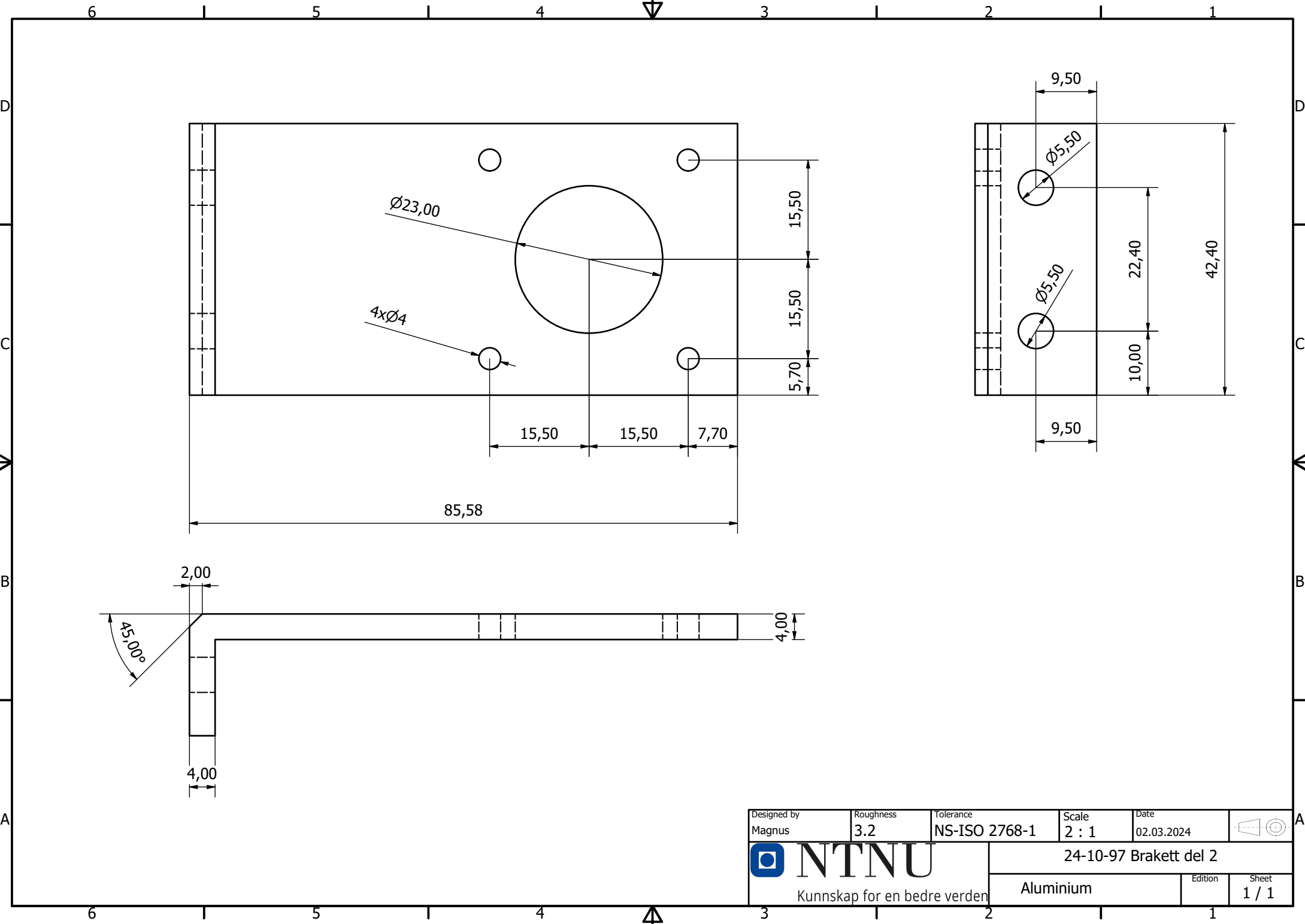
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-86 endeplate rammeprofilers samleband		
Aluminium			Edition	Sheet 1 / 1	



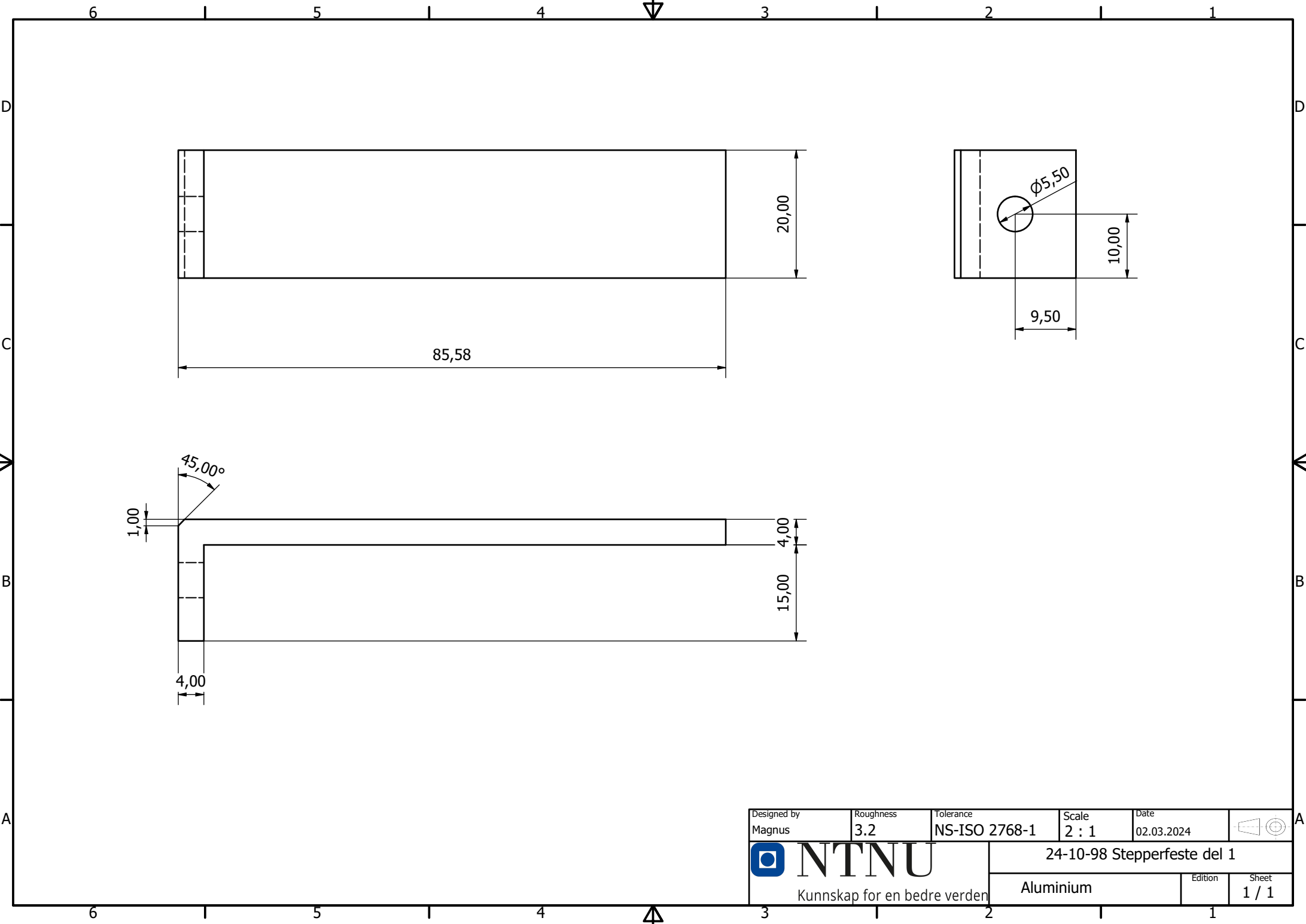
Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 5 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-94 Endeplate for firkantaksling		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 1 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-96 Underligger plateføring		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-97 Brakett del 2		
Aluminium				Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Magnus	Roughness 3.2	Tolerance NS-ISO 2768-1	Scale 2 : 1	Date 02.03.2024	
NTNU Kunnskap for en bedre verden			24-10-98 Stepperfeste del 1		
			Aluminium	Edition	Sheet 1 / 1

Referanser

- 3M Norge (n.d.). *Scotch-Brite™ Topplate*. Besøkt 25. februar 2024. URL: https://www.3mnorge.no/3M/no_NO/p/d/b40068302/.
- Alumeco (n.d.). *Aluminium*. URL: <https://www.alumeco.no/aluminium/> (visited on 19th Feb. 2024).
- Hildre, Hans Petter (2019a). *Produktmodellering*. NTNU.
- (2019b). *Produktutvikling*. NTNU.
- (2022a). *DesignThinking_Definere*. PowerPoint-presentasjon. Forelesning Introduksjon til maskin.
- (2022b). *DesignThinking_Forstå*. PowerPoint-presentasjon. Forelesning Introduksjon til maskin.
- (2022c). *DesignThinking_Prototype*. PowerPoint-presentasjon. Forelesning Introduksjon til maskin.
- (2022d). *DesignThinking_Skape*. PowerPoint-presentasjon. Forelesning Introduksjon til maskin.
- Jansen, Henning (n.d.). *Materiallære - Aluminium forelesningsnotater*. URL: <https://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/lettmetaller/Al-Al-legeringer/Materiallaere-aluminium-forelesningnotater-IDT-TDL.pdf> (visited on 19th Feb. 2024).
- McMaster-Carr (n.d.). *McMaster-Carr*. URL: <https://www.mcmaster.com/>.
- Name, Author's (2022). *How to Calculate Motor Drive Torque for Belt and Pulley Systems*. Accessed on March 8, 2024. URL: <https://www.linearmotiontips.com/how-to-calculate-motor-drive-torque-for-belt-and-pulley-systems/>.
- Nasjonal digital læringsarena (NDLA) (n.d.). *Materialer og produksjon - Metaller og legeringer*. URL: <https://ndla.no/nb/subject:1:84d4651b-fc52-4876-a066-f8567ecf79a6/topic:7805f91e-0401-44c5-ab12-6eecde5d0288/topic:f18a68cd-c35d-4b8f-a0eb-d26c8d752f12/resource:b404c05c-95b5-4940-973c-60080a96bb78> (visited on 19th Feb. 2024).
- Reservedeler24* (2024). URL: <https://www.reservedeler24.co.no/carcommerce-13644293.html> (visited on 22nd Feb. 2024).
- SIMULIA (n.d.). *How Home & Lifestyle Businesses Use 3D Virtual Prototypes*. URL: <https://blog.3ds.com/brands/simulia/how-home-lifestyle-businesses-use-3d-virtual-prototypes/> (visited on 20th Feb. 2024).
- SpecialChem (n.d.[a]). *Polyamide (PA) - Nylon*. URL: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyamide-pa-nylon> (visited on 19th Feb. 2024).
- (n.d.[b]). *Polytetrafluoroethylene (PTFE, Fluoropolymer)*. URL: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polytetrafluoroethylene-ptfe-fluoropolymer> (visited on 19th Feb. 2024).
- Springer (2015). *Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials*. URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-40872-4_591-2 (visited on 19th Feb. 2024).
- Store norske leksikon (n.d.[a]). *Herding - metallurgi*. URL: https://snl.no/herding-_metallurgi (visited on 19th Feb. 2024).
- (n.d.[b]). *Stål*. URL: <https://snl.no/st%C3%A5l> (visited on 19th Feb. 2024).
- Wikipedia Contributors (n.d.[a]). *Bearing (mechanical)*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bearing_\(mechanical\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Bearing_(mechanical)) (visited on 20th Feb. 2024).
- (n.d.[b]). *Rack and pinion*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Rack_and_pinion (visited on 20th Feb. 2024).
- Wikipedia contributors (2022). *Ultra-high-molecular-weight polyethylene*. [Online; accessed 19-February-2024]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-molecular-weight_polyethylene#cite_note-2.
- (n.d.). *Polytetrafluoreten*. URL: <https://no.wikipedia.org/wiki/Polytetrafluoreten#/media/Fil:Polytetrafluoroethylene.svg> (visited on 19th Feb. 2024).